Schulungshandbuch

WEIBULL++

Version 7

ReliaSoft®

ReliaSoft Publishing
EINE DIVISION DER RELIASOFT CORPORATION

Tucson · Sao Paulo · Warschau · Chennai · Singapur

Weibull++ 7 Schulungshandbuch
Artikel-Identifikation: WEI-TG-07

ReliaSoft Corporation
Weltweiter Hauptsitz
1450 South Eastside Loop
Tucson, Arizona 85710-6703, USA
Tel: +1.520.886.0410
Fax: +1.520.886.0399
Verkauf und Information: 1.888.886.0410 (kostenlos innerhalb USA/Kanada)
ReliaSoft@ReliaSoft.com
http://www.ReliaSoft.com

© 1997- 2011 ReliaSoft Corporation, ALLE RECHTE VORBEHALTEN

Copyright-Hinweis
Kein Teil dieser Publikation darf ohne vorherige schriftliche Genehmigung der ReliaSoft Corporation in Tucson, Arizona, USA, in irgendeiner Form und Weise für jeglichen Zweck reproduziert oder übertragen werden.

Disclaimer
Die in diesem Dokument enthaltenen Informationen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden, ohne dass Verbindlichkeiten für die ReliaSoft Corporation entstehen.

Die hierin verwendeten Unternehmen, Namen und Daten sind fiktiv, sofern nicht anders angegeben.

Nutzung der Software und des vorliegenden Dokumentes unterliegen den Bestimmungen des beigefügten Endbenutzer-Lizenzvertrages.

Diese Software und Dokumentationen wurden auf eigene Kosten entwickelt, und kein Segment wurde durch irgendwelche staatliche Mittel gefördert.

Trademarks
ReliaSoft und Weibull++, ALTA, BlockSim, RENO, RGA, Xfmea und RCM++ sind registrierte Schutzmarken der ReliaSoft Corporation.

Die in diesem Dokument erwähnten Produktnamen und Leistungen sind Marken oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Besitzer. Deren Nutzung ist in keiner Weise eine Empfehlung oder sonstige Verbindung mit der ReliaSoft Corporation.

10 9

Weibull++ 7 Schulungshandbuch 1

1.1 Vorwort

Dieses Schulungshandbuch präsentiert eine Vielzahl von Beispielen und demonstriert die optimale Nutzung der Weibull++ 7 Software. Sie beginnen mit Schritt-für-Schritt-Beispielen und befassen sich danach mit fortgeschritteneren Fällen. Im Laufe der Schulung können Sie sich jederzeit mit Fragen an unsere(n) Kursleiter wenden.

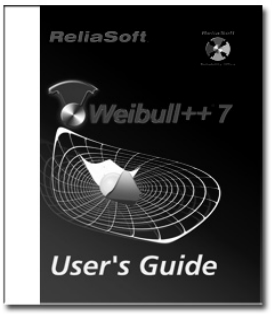
Hinweis: Falls Sie eine Demo-Version von Weibull++ verwenden, können Sie keine neuen Projekt-Dateien erstellen und auch keine eigenen Daten eingeben, um Beispiele aus dem Schulungshandbuch auszuführen. Aus diesem Grund wurden die Beispiel-Dateien, die zur Ausführung dieser Beispiele erforderlich sind, im Ordner "Training Guide" im Anwendungsverzeichnis bereitgestellt (z.B. C:\Program Files\ReliaSoft\Weibull7\Training Guide). Der Name der entsprechenden Datei wird am Anfang von jedem Beispiel angegeben.

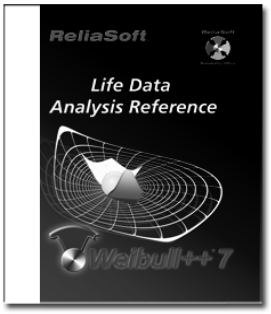
1.2 Weitere Beispiel-Dateien

Zusätzlich zu den Beispielen im Schulungshandbuch, stellt ReliaSoft eine breite Palette an Beispiel-Dateien zur Verfügung, um Ihnen verschiedene Analyse-Typen und Produkteigenschaften vorzustellen. Diese Dateien finden Sie im Ordner "Examples" in Ihrem Anwendungsverzeichnis (z.B. C:\Program Files\ReliaSoft\Weibull7\Examples). Dieser Ordner ist auch zugänglich, indem Sie den Link **Beispielordner öffnen...** im Dialogfenster "Was wollen Sie machen?" klicken, oder **Beispielordner öffnen...** aus dem **Hilfe-**Menü wählen.

1.3 Weibull++ 7 Dokumentation

Weibull++ 7 wird, wie alle Standard-Software-Produkte von ReliaSoft, mit einer umfassenden gedruckten Produktdokumentation (Weibull++ 7 User's Guide / Benutzerhandbuch) sowie den fundamentalen Prinzipien und Theorie (Life Data Analysis Reference von ReliaSoft) geliefert. Dieses Schulungshandbuch ist als Ergänzung zu diesen Referenzen vorgesehen.





1.4 Kontaktinformationen

ReliaSoft erreichen Sie unter:

ReliaSoft Corporation
Weltweiter Hauptsitz
1450 S. Eastside Loop
Tucson, AZ 85710-6703 USA
Tel: +1.520.886.0410
Fax: +1.520.886.0399
E-Mail: Support@ReliaSoft.com

Für aktuelle Produkinformationen besuchen Sie bitte unsere Webseite:
http://Weibull.ReliaSoft.de

Sie können uns jederzeit an unserem Hauptsitz in Tucson, Arizona - USA für weitere Unterstützung kontaktieren oder besuchen Sie das weltweite Verzeichnis auf unserer Webseite http://Directory.ReliaSoft.com, um das für Ihre Region zuständige Büro zu finden.

Zusammenfassung der Eigenschaften 2

Die Struktur der gewählten Beispiele in diesem Schulunghandbuch ist so konstruiert, dass Sie sich schrittweise mit den verfügbaren Eigenschaften von Weibull++, Version 7, vertraut machen können. Dieser Abschnitt ist eine kurze Zusammenfassung der Funktionen. Falls Sie die Weibull++ Eigenschaften bereits kennen, können Sie auch direkt zu den Beispielen übergehen.

2.1 Eine intuitive und flexible Arbeitsumgebung

Die Schnittstelle von Weibull++ ist ein intuitives, flexibles und vollständig integriertes Work-Center, das rund um das Datenfolio (ähnlich einem Excel®-Arbeitsblatt) gestaltet wurde. Für Version 7 wurde die Schnittstelle so erweitert, dass Sie mehrere Analyse-Folios zusammen mit verknüpften Informationen innerhalb derselben Datei verwalten können. Mit Nutzung des “Projekt-Explorers”, der erstmals in der BlockSim-Software von ReliaSoft vorgestellt wurde, bietet jetzt auch Weibull++ eine intuitive, hierarchische (Baum-)Struktur an, damit Sie mühelos ein oder mehrere Standard-Folios, Spezial-Folios, Darstellungsblätter, Zuverlässigkeits-Blockdiagramme, Rechenblatt-Berichte und/oder beigefügte Dokumente pro Projekt anzeigen und verwalten können. Die neue Arbeitsumgebung bleibt jedoch “den Wurzeln treu” und Benutzer, die frühere Versionen der Software bereits kennen, werden die Daten auf eine vertraute Weise eingeben und analysieren können.

2.2 Alle Werkzeuge, die Sie für die Standard-Lebensdatenalyse brauchen

Weibull++ stellt alle Werkzeuge zur Verfügung, die Sie für Standard-Lebensdatenanalysen (Weibull-Analysen) brauchen, inklusive flexibler Optionen für Datentyp, Lebensdauerverteilung und Methoden der Parameterschätzung.

2.2.1 Unterstützung für alle Lebensdauer-Datentypen und multiple Lebensdauerverteilungen

Die Rechenblätter zur Dateneingabe unterstützen bei der Standard-Lebensdatenanalyse mit Weibull++ alle Lebensdauer-Datentypen und alle wichtigen Lebensdauerverteilungen. Sie können folgende Datentypen analysieren: Zeit-bis-zum-Ausfall (komplett), rechtszensiert (Suspension), linkszensiert, intervallzensiert oder Frei-Form, die Sie individuell oder in Gruppen eingeben können. Verfügbare Verteilungen beinhalten 1-, 2-, und 3-Parameter-Weibull; 2-, 3-, und 4-Subpopulation-Mixed-Weibull; 1-, und 2-Exponential, Lognormal und Generalized-Gamma. Zusätzlich unterstützt Version 7 auch die Verteilungen Gamma, Logistic, Loglogistic, Gumbel und Weibull-Bayesian. Mit Einbeziehung des Weibull-Bayesian-Modells, welches die Vorkenntnisse des Weibull-Beta-Parameters berücksichtigt, unterstützt Weibull++ jetzt sowohl die Methodologien der Bayessche Statistik als auch der Klassischen Statistik.

Der Verteilungs-Assistent führt automatisch mehrere Anpassungsgütetests (Goodness-of-Fit) der verfügbaren Lebensdauerverteilungen durch und empfiehlt die Verteilung, die am besten zu Ihrem Datensatz passt. Sie können die Monte-Carlo-Simulation verwenden, um Stichproben-Datensätze basierend auf einer beliebig unterstützten Lebensdauerverteilung oder auf einer benutzerdefinierten Funktion zu generieren.

Gemäß Ihren Spezifikationen kann dies komplette Daten, rechtszensierte, intervallzensierte und/oder linkszensierte Datenpunkte beinhalten.

2.2.2 Wahl der Parameterschätzungs-Methode

In Weibull++ können Sie die Parameterschätzungs-Methode wählen, die am besten zu Ihrem Datensatz passt. Die Optionen beinhalten die Maximum-Likelihood-Schätzung (MLE - Maximum Likelihood Estimation), Rangregression nach X oder Rangregression nach Y mit den Ranking-Methoden Median-Ranks, Kaplan-Meier oder ReliaSoft.

2.3 Ergebnisse und Darstellungen mit einen Klick

Version 7 macht es weiterhin einfach, Ihre Analysen für die Unterstützung der effektivsten Enscheidungsprozesse zu kalkulieren und zu präsentieren, was schon immer eine Stärke von Weibull++ war.

2.3.1 Quick Calculation Pad

Das Quick Calculation Pad (QCP) bietet einen schnellen, einfachen und genauen Weg zur Klärung der meisten Zuverlässigkeitsfragen. Hierzu gehören Berechnungen der Ausfallwahrscheinlichkeit, Ausfallrate, Garantiezeit für eine gegebene Zuverlässigkeit, B(X)-Lebensdauer und mittlere Lebensdauer. Das Hilfsprogramm gibt auch bedingte Zuverlässigkeit oder Ausfallwahrscheinlichkeit bei gegebenem Startalter zurück.

2.3.2 Darstellungen und Graphiken zur Präsentation Ihre Analysen

Weibull++ bietet nach wie vor unübertreffliche Darstellungsmöglichkeiten für die visuelle Präsentation Ihrer Analysen. Mit einem Mausklick können Sie folgende Darstellungen generieren:Wahrscheinlichkeit, Zuverlässigkeit vs. Zeit, Unzuverlässigkeit vs. Zeit, WDF (Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion), Ausfallrate vs. Zeit, Konturen und die 3-dimensionale Oberfläche der Likelihood-Funktion. Version 7 enthält jetzt auch Histogramm-, Torten-, und Zeitlinien-Diagramme zur Darstellung der Ausfall-/Suspensionsdaten. Die Darstellung kann mit den Darstellungseinstellungen optisch konfiguriert werden, und die Software stellt auch einen Diagramm-Assistenten für Ihre benutzerdefinierten Diagramme zur Verfügung. Alle grafischen Darstellungen sind Metadateien, die in andere Berichte und Präsentationen eingefügt werden können.

Das MultiplePlot-Blatt macht den Vergleich von Analysen einfach, indem Ergebnisse für mehrere Datensätze zusammen in derselben Darstellung automatisch geplottet werden. Das Hilfsprogramm Nebeneinander-Darstellung macht es möglich, mehrere Darstellungen für einen gegebenen Datensatz nebeneinander anzuzeigen (und auszudrucken). So werden Sie beispielsweise die Darstellungen Wahrscheinlichkeit, Zuverlässigkeit, WDF und Ausfallrate für eine gegebene Analyse im selben Fenster anzeigen können. Alternativ können Sie auch das Wahrscheinlichkeitsnetz oder WDF-Graph für einen gegebenen Datensatz mit Analysen von unterschiedlichen Verteilungen vergleichen. Wählen Sie einfach die Kombination, die Ihren Anforderungen für die Analyse/Berichterstattung entspricht. Sie können RS-Draw oder den integrierten Metadatei-Grafik-Editor von ReliaSoft verwenden, um die von Weibull++ generierten Darstellungen zu bearbeiten und zu annotieren. Dieses Hilfsprogramm ermöglicht, dass Sie Text einfügen, einen Punkt oder Linie hervorheben, die Koordinaten eines Punktes markieren können, und noch viel mehr!

2.3.3 Vertrauensbereiche für Parameter und Ergebnisse

Weibull++ erstellt Vertrauensbereiche für alle Parameter und Ergebnisse der Standard-Lebensdatenanalyse sowie viele Ergebnisse aus verknüpften Analysen (wie Garantie-Vorhersagen, Analysen von Rekurrenzdaten, usw.). Zusätzlich zu den Methoden Fisher-Matrix, Likelihood-Ratio und Beta-Binomial wurden die Bayesian-Vertrauensbereiche in die Version 7 miteinbezogen. Sie entscheiden, ob die Bereiche eingeblendet werden, und können auch das Vertrauensniveau und den Bereichstyp festlegen.

2.4 Eine komplette Matrix verknüpfter Analysen

Die Software bietet nicht nur unübertroffenen technischen Support für alle Aspekte der Standard-Lebensdatenanalyse, sondern Weibull++ unterstützt auch eine umfassende Matrix an verknüpften Analysen, die komplett mit dem Standard-Folio integriert werden können und Ihre Basisanalyse bereichern bzw. vervollständigen werden.

- **Garantiezeit-Analyse:** Führen Sie Lebensdauer-Datenanalysen durch und erstellen Garantie-Projektionen basierend auf Verkaufs- und Rückgabedaten, die via Nevada, Zeiten-bis-zum-Ausfall, Ausfalldatum oder Gebrauchs/Nutzungsformat eingegeben wurden.
- **Zuverlässigkeits-Blockdiagramme:** Verwenden Sie Zuverlässigkeits-Blockdiagramme (ZBD), die mit berechneten Datenfolios integriert sind, um konkurrierende Ausfallmodi zu analysieren und andere Systemanalysen durchzuführen.
- **Rekurrenz-Datenanalyse:** Verwenden Sie parametrische oder nicht-parametrische Methoden, um Ereignisse zu analysieren, die abhängig und nicht identisch verteilt sind (wie Daten reparabler Systeme), und/oder um die Eintrittshäufigkeit eines Vorfalls im Laufe der Zeit zu modellieren.
- **Degradationsanalyse:** Verwenden Sie die Modelle Linear, Exponential, Power, Logarithmic, Gompertz oder Lloyd-Lipow, um Ausfallzeiten eines Produkts basierend auf seiner Leistung (Degradation) über einem Zeitraum zu extrapolieren.
- **Nicht-parametrische Lebensdatenanalyse:** Verwenden Sie die Methoden von Kaplan-Meier, Simple-Actuarial oder Standard-Actuarial für nicht-parametrische Lebensdatenanalysen.
- **Ereignis-Protokoll Schnittstelle:** Geben Sie die Daten in einem Ereignis-Protokoll-Format (d.h.Equipment-Downtime-Protokoll) ein und wandeln die Daten in Zeiten-bis-zum-Ausfall und Zeiten-bis-zur-Reparatur für Standard-Lebensdatenanalysen um, oder exportieren sie diese in BlockSim für Analysen der Systemzuverlässigkeit, Systeminstandhaltbarkeit und Systemverfügbarkeit.
- **Risikoanalyse und probabilistisches Design:** Verwenden Sie das Monte-Carlo-Werkzeug, um relationsbasierte Simulationen durchzuführen. Wenn Sie eine Gleichung bestimmen, die in Relation zu verschiedenen Zufallsvariablen steht, können Sie die gemeinsame *WDF (Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion)* für den simulierten Datensatz bestimmen.
- **SimuMatic:** Führen Sie automatisch eine große Anzahl von Analysen auf simulierten Datensätzen durch, um verschiedene Zuverlässigkeitsfragen, einschließlich Vertrauensbereiche, Testszenarios, usw. zu klären.

2.5 Zusätzliche Werkzeuge und Assistenten

Weibull++ stellt außerdem viele zusätzliche Werkzeuge und Assistenten zur Verfügung, die Ihre Analysen rationalisieren, erweitern und vervollständigen.

2.5.1 Rechenblätter für individuelle Analysen

Allgemeine Rechenblätter, die Sie in jedes beliebige Weibull++ Standard-Folio einfügen können, werden einfach wie Excel®-Arbeitsblätter im Rahmen Ihrer individuellen Analysen gehandhabt. Diese Rechenblätter bieten komplette Unterstützung für Formeln in Zellen, Zellreferenzen, sowie über 140 eingebaute Funktionen, die mit dem Funktions-Assistenten und dem Diagramm-Assistenten integriert sind. Sie können den Funktions-Assistenten verwenden, um eine breite Matrix berechneter Ergebnisse einzufügen, die auf Ihren Eingaben und, falls anwendbar, auf einem Referenz-Datenfolio basieren. Verfügbare Ergebnisse reichen von grundlegenden mathematischen/statistischen Funktionen bis zu allgemein bekannten Lösungen der Zuverlässigkeitsanalyse. In Version 7, die jetzt mit Excel®-ähnlichen Funktionen arbeitet, können Sie Funktionen direkt in die Zelle eingeben, und die Ergebnisse werden automatisch aktualisiert, wenn sich die Eingabe ändert. Der Diagramm-Assistent begleitet Sie durch einen

schrittweisen Prozess für die Erstellung und Konfiguration Ihrer individuellen Diagramme/Darstellungen, basierend auf einem gewählten Datensatz.

2.5.2 Vorlagenbasierter Berichts-Generator

Mit dem Hilfsprogramm Berichts-Asssistent können Sie druckfertige Berichte für die Präsentation Ihrer Analysen entwerfen. Die Vorlagenfunktion macht es einfach, das gleiche Berichtsformat bei unterschiedlichen Analysen zu verwenden. Das Hilfsprogramm wurde für Version 7 überarbeitet und erweitert und stellt jetzt eine intuitive rechenblatt-basierte Schnittstelle für die Erstellung und Formatierung von Berichten zur Verfügung.

2.5.3 Referenzen und Assistenten

- **Quick Statistical Reference:** Befreit Sie vom lästigen Nachschlagen für Tabellenwerte, indem Ergebnisse für die üblichen statistischen Funktionen auf Mausklick zurückgegeben werden, wie Median-Ranks, Chi-Quadrat-Werte und mehr!
- **Gestaltung von Zuverlässigkeitstests:** Bestimmen Sie die entsprechende Stichprobengröße, Testdauer oder andere Variablen für einen Zuverlässigkeits-Demonstrationstest. Verfügbar sind die Methoden Parametrisch-Binomial, Nicht-parametrisch Binomial und Exponential-Chi-Quadrat. Die Ergebnisse werden sowohl in Tabellen als auch Darstellungen eingeblendet.
- **Vergleichstest Assistent:** Vergleichen Sie zwei Datensätze, um festzulegen, ob Elemente aus dem ersten Satz die Elemente aus dem zweiten Satz überdauern werden.
- **Belastung-Belastbarkeit Assistent:** Vergleichen Sie einen Datensatz mit Belastbarkeitsdaten gegen einen Datensatz mit Belastungdaten, um die Ausfallwahrscheinlichkeit festzulegen (*d.h.* Belastung übersteigt Belastbarkeit).
- **Parameter-Experimenter:** Identifizieren Sie ein Verteilungsparameter, wobei das/die andere(n) Parameter und ein Datenpunkt (Unzuverlässigkeit zur gegebenen Zeit) bekannt sind, oder suchen Sie nach allen Verteilungsparametern, wenn zwei Unzuverlässigkeitspunkte gegeben sind.
- **Nicht-linearer Gleichungsauflöser:** Schätzen Sie die Parameter einer nicht-linearen Gleichung, wobei die Gleichung, Minimal-, Maximal-, und Initialwerte für deren Parameter und mindestens zwei Datenpunkte gegeben sind.
- **Wurzelsucher nicht-linearer Gleichung:** Identifizieren Sie iterativ eine reelle Wurzel einer unabhängigen nicht-linearen Funktion, indem Sie eine erweiterte Speichermethode mit variabler Reihenfolge verwenden.

2.6 Datenimport und Integration mit anderen ReliaSoft Softwareprodukten

Zusätzlich zur Bereitstellung verschiedener Datenblatt-Formate, die konzipiert wurden, um Ihren individuellen Daten- und Analyse-Anforderungen zu entsprechen, macht Weibull++ den Datenimport aus externen Quellen einfach, darunter aus Weibull++ 4, 5, 6 oder MT, ALTA, Excel®, sowie Tab-, Komma-, Leerzeichen- oder Semikolon-begrenzte Dateien.

Weibull++ ist direkt in anderen ReliaSoft Softwareprodukten integriert und verfügbar, sollten Sie eine Verteilung und Parameter basierend auf einem berechneten Datensatz bestimmen müssen. Weibull++ ist derzeit in folgenden Produkten verfügbar: ALTA, BlockSim, RENO, RGA, Xfmea und RCM++.

2.7 Passen Sie den Arbeitsbereich an Ihre Bedürfnisse an

Weibull++ macht die Konfiguration der Schnittstelle und der Analyseeinstellungen einfach und passt sich an Ihre individuellen Präferenzen und Bedürfnisse an. In den Benutzereinstellungen können Sie zum Beispiel die Vorgabe-Optionen für die Datenblätter, die Analyseeinstellungen, die Schriftzeichen/Symbole usw. festlegen. In den Darstellungseinstellungen können Sie das Aussehen der Darstellungen konfigurieren, die

automatisch von der Software generiert werden. Zusätzlich können Sie die Symbolleisten und/oder das Aussehen des Arbeitsbereiches individuell anpassen, indem Sie den Projekt-Explorer und andere Panels anzeigen/ausblenden oder ihre Position ändern.

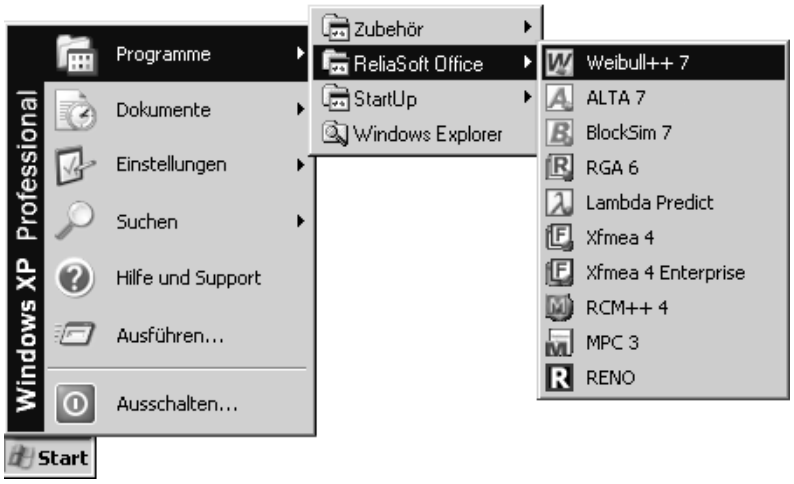
2.8 System-Anforderungen

Weibull++ wurde für Windows NT, 2000 und XP entwickelt und profitiert von den Eigenschaften dieser Plattformen. Die Minimum-Systemanforderungen sind: 433-MHz Intel Pentium-Klasse-Prozessor oder gleichwertig, mit 32MB RAM (64MB oder mehr ist empfehlenswert), SVGA-Grafikkarte und mindestens 80MB Festplattenspeicher.

Erste Schritte 3

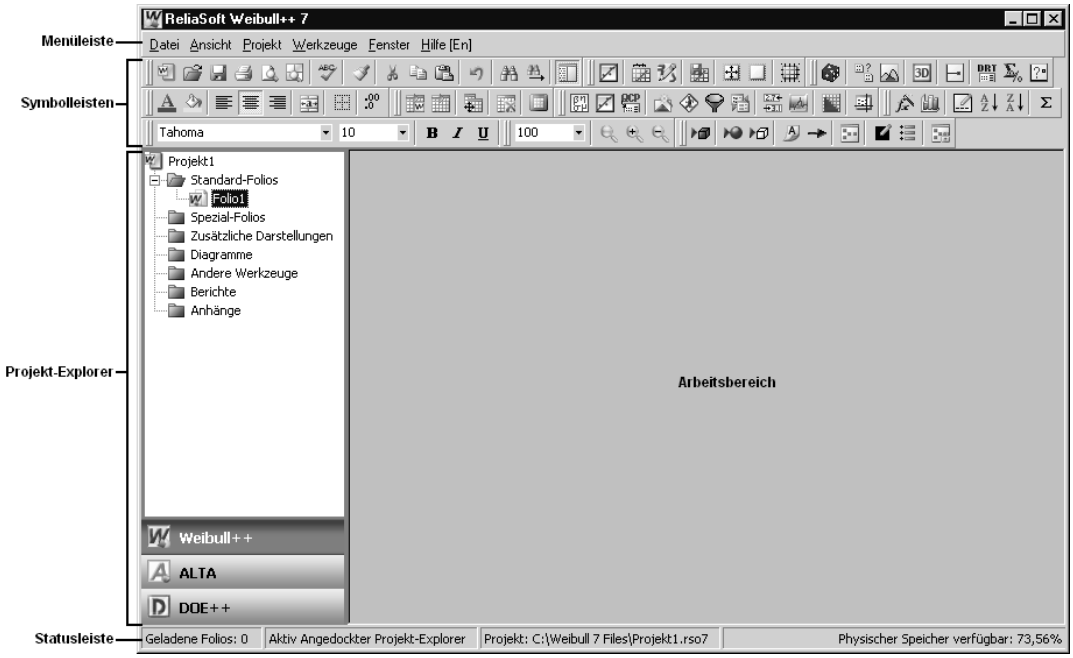
3.1 Arbeitsbeginn mit Weibull++ 7

Weibull++ ist eine 32-Bit-Anwendung, die für Windows NT, 2000 und XP entwickelt und ausgelegt wurde. Die internen Bildschirme und Menübefehle sind identisch, egal welches Betriebssystem Sie benutzen, und das gilt gleichermaßen für dieses Schulungshandbuch. Um Weibull++ zu starten, wählen Sie **Programme** aus dem **Start-**Menü , dann **ReliaSoft Office** und **Weibull++ 7**.



3.2 Multiple Document Interface (MDI)

Jedes Mal wenn Sie eine neue Session in Weibull++ beginnen, wird zuerst das Fenster Multiple Document Interface (MDI) auf dem Bildschirm erscheinen. Die MDI beinhaltet alle Fenster, die Sie für die Analyse Ihrer Daten benötigen. Die MDI ist eine Art Behälter für den Projekt-Explorer, Standard-Folios, Spezial-Folios, Zusätzliche Darstellungen, Diagramme, Andere Werkzeuge, Berichte und Anhänge und verwaltet die verschiedenen aktiven Fenster. Die MDI bleibt geöffnet, bis Sie das Programm schließen. Das Schließen der MDI hat denselben Effekt wie das Beenden des Programms. Die untere Abbildung zeigt die MDI von Weibull++ 7 und deren Komponenten. Das Erscheinungsbild der MDI variiert, und hängt davon ab, welche Fenster gegenwärtig geöffnet und welche Konfigurationseinstellungen im Projekt-Explorer gewählt sind.



3.3 Schnelle Hilfe in der Weibull++ Umgebung

Weibull++ von ReliaSoft beinhaltet eine komplette Online-Hilfsdokumentation. Auf diese Hilfefunktion können Sie jederzeit zugreifen, indem Sie **F1** oder **Inhalt** aus dem **Hilfe-**Menü wählen.

3.4 Beispiel 'Erste Schritte'

Dieser Absatz stellt ein einfaches Beispiel vor und begleitet Sie durch dem Prozess der Lösungsfindung. Beispielsfall: sechs Einheiten wurden auf Zuverlässigkeit getestet und folgende Zeiten-bis-zum-Ausfall wurden beobachtet: 46, 64, 83, 105, 123 und 150 Std. Sie werden die Daten mit der 2-Parameter Weibull-Verteilung und der Rangregression nach X analysieren, die Darstellung Weibull-Wahrscheinlichkeit erstellen und die Zuverlässigkeit bei 50 Std. schätzen.

Die Datei zu diesem Beispiel finden Sie im Ordner "Training Guide" in Ihrem Anwendungsverzeichnis (d.h. C:\Program Files\ReliaSoft\Weibull7\Training Guide) unter "1stSteps.rwp."

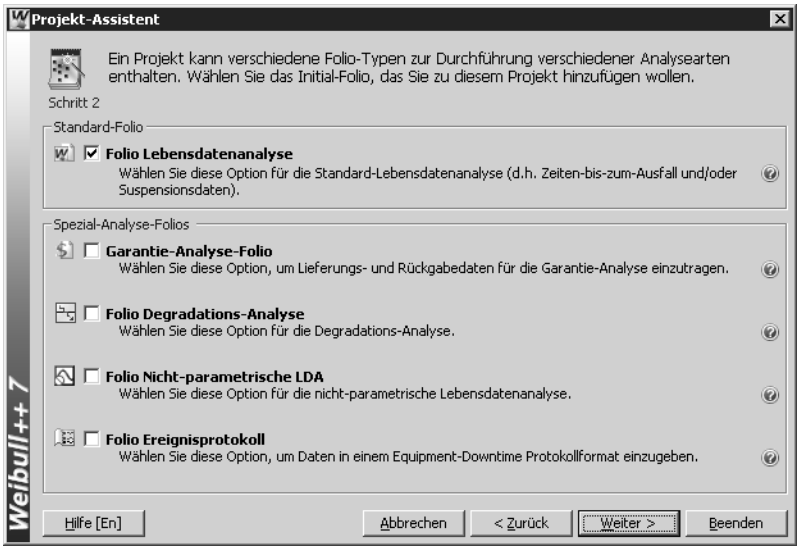
- Erstellen Sie ein neues Projekt, indem Sie **Neues Projekt erstellen** im Initialfenster klicken, das beim Startup erscheint, oder **Neu...** im **Datei** -Menü wählen, oder das Icon **Neu** klicken.

Der Projekt-Assistent wird geöffnet. Er führt Sie durch die erforderlichen Schritte, um ein neues Projekt zu erstellen, das Ihren Analyseanforderungen entspricht. Die angezeigten Schritte hängen von Ihrer Auswahl auf jeder Seite ab. Beachten Sie, dass Sie bereits im ersten Dialogfenster auf die Schaltfläche **Beenden** klicken können, um ein Projekt mit denselben Einstellungen zu erstellen. Sie können auch ein neues Projekt mit Elementen erstellen, die Sie aus einem vorhandenen Projekt importiert haben, oder ein Projekt basierend auf einem gespeicherten Profil erstellen.

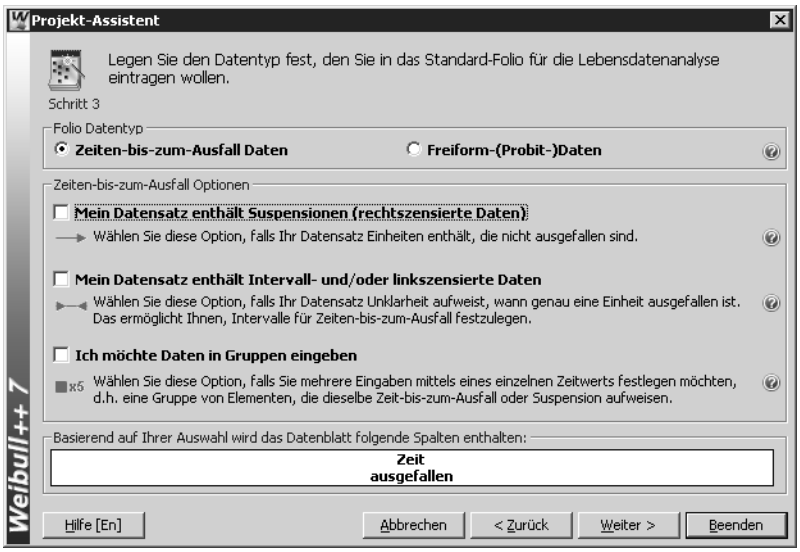
- Auf der ersten Dialogseite des Projekt-Assistenten wählen Sie **Indem Sie dem Assistenten folgen**, klicken **Weiter>,** und fahren mit dem nächsten Schritt fort.

Projekt-Assistent
Dieser Assistent führt Sie durch die einzelnen Schritte, um die Inhalte des neuen Projektes festzulegen. Als Alternative können Sie Elemente aus einem vorhandenen Projekt importieren oder das neue Projekt basierend auf einem gespeichertem Profil erstellen.
Schritt 1
Neues Projekt erstellen
Indem Sie dem Assistenten folgen
Indem Sie Elemente aus einem vorhandenen Projekt importieren
Indem Sie ein gespeichertes Profil wählen
Weibull++ 7
Weiter> klicken, um das Initial-Folio, das Sie Ihrem Projekt hinzufügen möchten, zu wählen oder Beenden klicken, um ein Projekt basierend auf den zuletzt verwendeten Einstellungen zu erstellen.
Weibull++ 7
Hilfe [En]
Abbrechen
< Zurück
Weiter >
Beenden

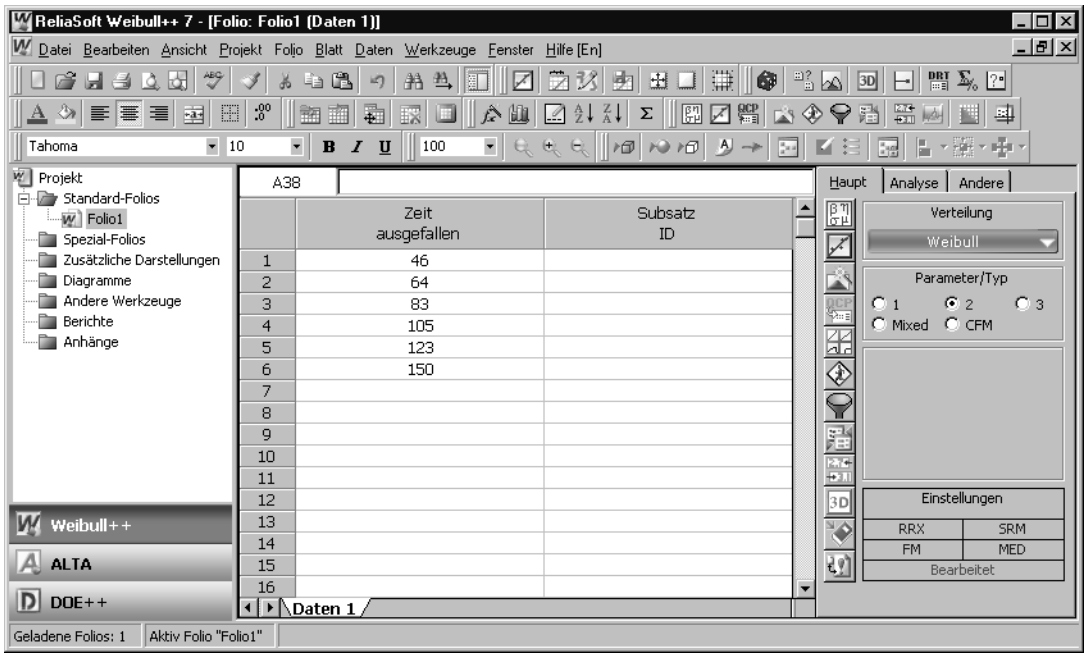
- Auf der zweiten Seite des Projekt-Assistenten überprüfen Sie, ob **Folio Lebensdatenanalyse** gewählt ist, klicken **Weiter>**, und fahren mit dem nächsten Schritt fort.


Projekt-Assistent
Ein Projekt kann verschiedene Folio-Typen zur Durchführung verschiedener Analysearten enthalten. Wählen Sie das Initial-Folio, das Sie zu diesem Projekt hinzufügen wollen.
Schritt 2
Standard-Folio
Folio Lebensdatenanalyse
Wählen Sie diese Option für die Standard-Lebensdatenanalyse (d.h. Zeiten-bis-zum-Ausfall und/oder Suspensionsdaten).
Spezial-Analyse-Folios
Garantie-Analyse-Folio
Wählen Sie diese Option, um Lieferungs- und Rückgabedaten für die Garantie-Analyse einzutragen.
Folio Degradations-Analyse
Wählen Sie diese Option für die Degradations-Analyse.
Folio Nicht-parametrische LDA
Wählen Sie diese Option für die nicht-parametrische Lebensdatenanalyse.
Folio Ereignisprotokoll
Wählen Sie diese Option, um Daten in einem Equipment-Downtime Protokollformat einzugeben.
Weibull++ 7
Hilfe [En]
Abbrechen
< Zurück
Weiter >
Beenden

- Auf der dritten Seite wählen Sie **Zeiten-bis-zum-Ausfall-Daten** als Folio Datentyp und wählen alle anderen Optionen ab. Klicken Sie **Weiter>**, und fahren mit dem nächsten Schritt fort.

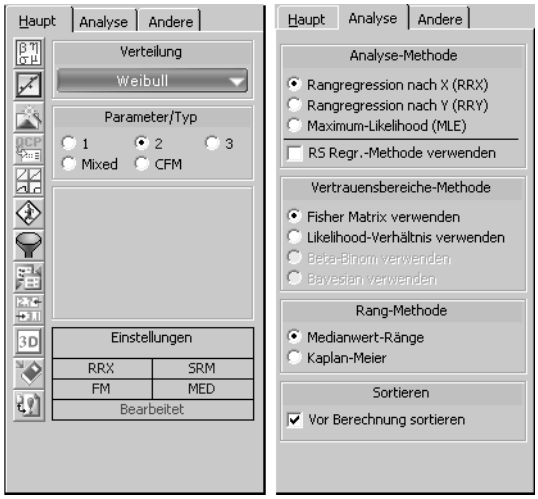

Projekt-Assistent
Legen Sie den Datentyp fest, den Sie in das Standard-Folio für die Lebensdatenanalyse eintragen wollen.
Schritt 3
Folio Datentyp
Zeiten-bis-zum-Ausfall Daten
Freiform-(Probit-)Daten
Zeiten-bis-zum-Ausfall Optionen
Mein Datensatz enthält Suspensionen (rechtszensierte Daten)
Wählen Sie diese Option, falls Ihr Datensatz Einheiten enthält, die nicht ausgefallen sind.
Mein Datensatz enthält Intervall- und/oder linkszensierte Daten
Wählen Sie diese Option, falls Ihr Datensatz Unklarheit aufweist, wann genau eine Einheit ausgefallen ist. Das ermöglicht Ihnen, Intervalle für Zeiten-bis-zum-Ausfall festzulegen.
Ich möchte Daten in Gruppen eingeben
x5
Wählen Sie diese Option, falls Sie mehrere Eingaben mittels eines einzelnen Zeitwerts festlegen möchten, d.h. eine Gruppe von Elementen, die dieselbe Zeit-bis-zum-Ausfall oder Suspension aufweisen.
Basierend auf Ihrer Auswahl wird das Datenblatt folgende Spalten enthalten:
Zeit
ausgefallen
Weibull++ 7
Hilfe [En]
Abbrechen
< Zurück
Weiter >
Beenden

- Auf der letzten Seite klicken Sie auf die Schaltfläche **Beenden,** um ein neues Projekt laut Ihren Spezifikationen zu erstellen. Das Projekt enthält jetzt ein Standard-Folio mit einem konfigurierten Datenblatt, das den Datentyp akzeptiert, den Sie für dieses Beispiel eingeben werden. Geben Sie jetzt die Zeiten-bis-zum-Ausfall in die Spalte **Zeit ausgefallen** im Datenblatt ein, wie unten gezeigt.



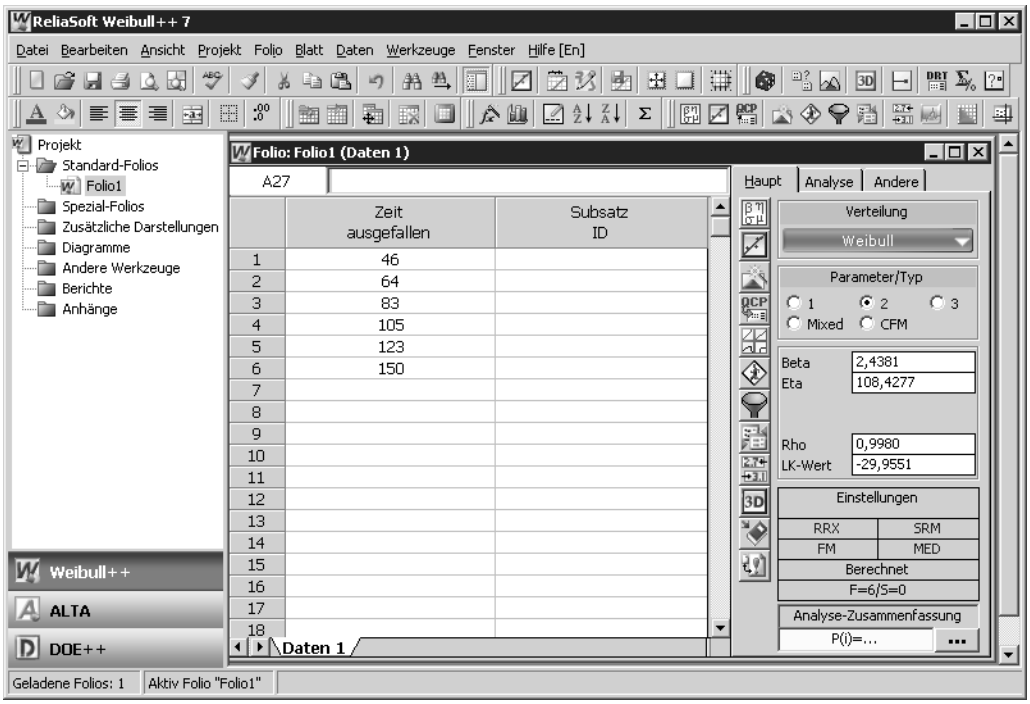
- Als Nächstes wählen Sie eine Verteilung und eine Parameterschätzungs-Methode zur Berechnung der Parameter. Im Kontrollpanel wählen Sie **Weibull** aus dem Verteilung-Menü in der Registerkarte Haupt. Dieses Menü können Sie auf zwei Weisen aktivieren: indem Sie auf den blauen Balken im Panel klicken, oder den Cursor 1-2 Sekunden lang über dem blauen Balken schweben lassen. Der Bereich Parameter/Typ unter dem Menü wird aktualisiert, und zeigt die verfügbaren Optionen für die gewählte Verteilung. Wählen Sie **2**, um die Analyse mit der 2-Parameter Weibull-Verteilung durchzuführen, wie unten gezeigt.

Die anderen Analyseeinstellungen werden an zwei Stellen im Kontrollpanel eingestellt/angezeigt: im Bereich Einstellungen in der Registerkarte Haupt und in der Registerkarte Analyse. Für dieses Beispiel werden Sie die folgenden Vorgabe-Einstellungen verwenden: **Rangregression nach X (RRX)** mit der **Standard-Regressionsmethode (SRM)** und **Median-Ranks (MED)**; sowie **Fisher-Matrix (FM)**-Vertrauensbereiche, wie unten gezeigt.



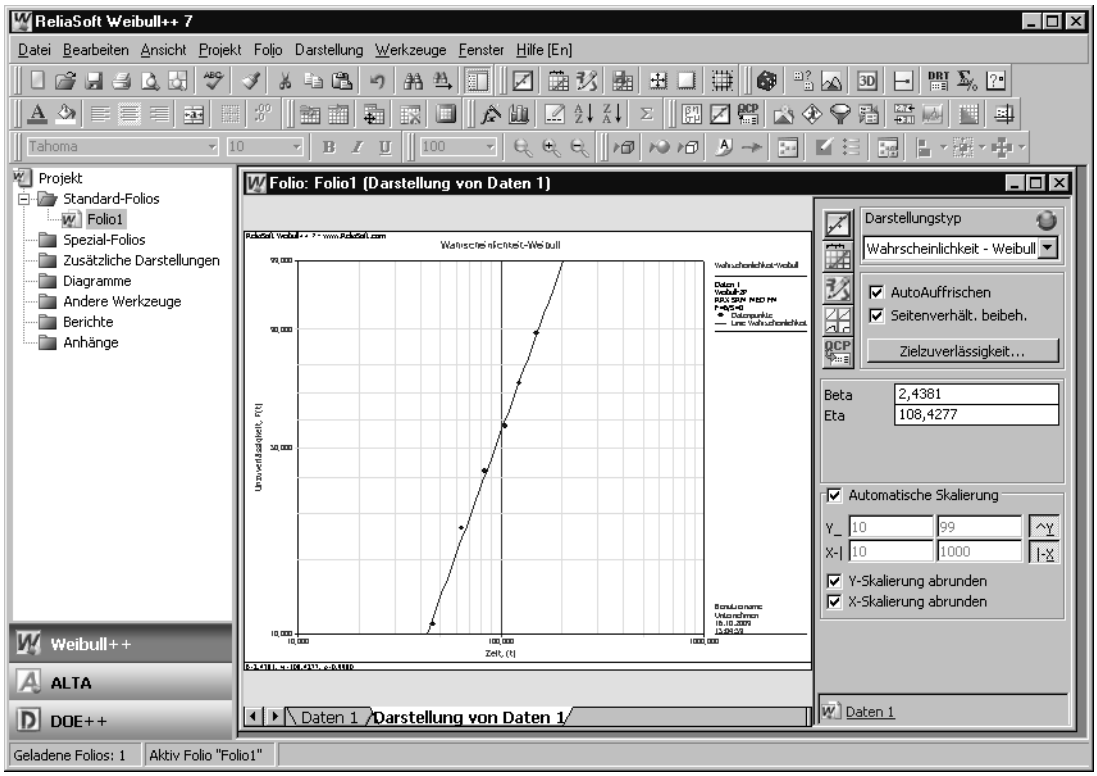
- Überprüfen Sie, ob die Analyseeinstellungen für Ihr Folio auf Vorgabewerte eingestellt sind. Beachten Sie, wenn Sie in der Registerkarte Haupt im Bereich Einstellungen die Optionen (in blauer Schrift) anklicken, dass Sie auf diese Weise zwischen den verfügbaren Einstellungen umschalten.
- Berechnen Sie die Parameter, indem Sie **Berechnen** aus dem **Daten**-Menü wählen, oder das Icon **Berechnen** klicken. Dieses Icon wird sowohl in der Symbolleiste für Datenanalyse-Werkzeuge als auch im Kontrollpanel eingeblendet.

Das Datenblatt mit den berechneten Parametern sehen Sie unterhalb. Die geschätzten Parameter werden im Ergebnisbereich angezeigt, der unterhalb den Optionen Parameter/Typ platziert ist.



- Stellen Sie die Daten dar, indem Sie **Darstellung** aus dem **Daten-**Menü wählen, oder das Icon **Darstellung** klicken. Dieses Icon finden Sie sowohl in der Symbolleiste für Datenanalyse-Werkzeuge als auch im Kontrollpanel.

Ein neues Blatt, “Darstellung von Daten 1”, wird zum Folio hinzugefügt. Die Darstellung Wahrscheinlichkeit-Weibull wird als Vorgabewert angezeigt, wie hier gezeigt.[1]



Das Darstellungsblatt stellt viele Optionen zur Erstellung und Konfiguration von Grafiken bereit, mit denen Sie Ihre Analysen und Präsentationen individuell gestalten können. Sie können einige dieser Optionen jetzt austesten. Falls die Anweisung **AutoAuffrischen** aktiviert wurde, wird die Anzeige automatisch aktualisiert und Ihre neue Auswahl wiedergegeben. Falls nicht, wählen Sie **Darstellung neu zeichnen** aus dem Menü **Darstellung** oder klicken das Icon **Darstellung neu zeichnen**, um Ihre Auswahl umzusetzen.

Zum Beispiel ermöglicht das Menü **Darstellungstyp** im Kontrollpanel auch andere Darstellungsarten zu erstellen.

Zusätzlich werden die Analyseeinstellungen in der Legende in der oberen rechten Ecke der Darstellung angezeigt und die berechneten Parameter in der unteren linken Ecke. Sie können diese und andere Anzeigeoptionen im Fenster Darstellungseinstellungen individuell anpassen. Um die

1. Falls notwendig, können Sie die Darstellungs-Größe verändern, indem Sie die Folio-Größe verändern.

Darstellungseinstellungen zu öffnen, wählen Sie **Darstellungseinstellungen** aus dem Menü **Darstellung** oder klicken das Icon **Darstellungseinstellungen**.

- Nachdem Sie die Darstellungseinstellungen etwas getestet haben, kehren Sie zum Datenblatt zurück, indem Sie das Blattregister **Daten 1** klicken.
- Öffnen Sie das Quick Calculation Pad (QCP), indem Sie **Quick Calculation Pad...** aus dem **Daten**-Menü wählen oder das Icon klicken. Dieses Icon finden Sie sowohl in der Symbolleiste für Datenanalyse-Werkzeuge als auch im Kontrollpanel.

Dieses Werkzeug macht es möglich, Zuverlässigkeitsergebnisse zu beziehen, basierend auf Ihren Analysen und den erforderlichen Eingaben. Um die Zuverlässigkeit bei 50 Std. für dieses Beispiel zu schätzen, verfahren Sie wie folgt:

- In der Registerkarte Grundberechnungen, wählen Sie/geben Sie Folgendes ein:
  - Berechnungsoptionen: **Sta.-Wahrsch.-Berechnungen**
  - Ergebnis-Optionen: **Ergebnisse als Zuverlässigkeit**
  - Erforderliche Benutzereingabe: Endzeit der Mission = **50**
- Klicken Sie **Berechnen**, um die Ergebnisse zu beziehen, wie unten gezeigt.

- Klicken Sie **Schließen**, um das QCP zu schließen.
- Speichern Sie das Projekt, indem Sie **Speichern** aus dem **Datei**-Menü wählen, oder indem Sie das Icon **Speichern** klicken.

- Wenn Sie aufgefordert werden, den Namen und Ort der Datei zu bestimmen, wählen Sie ein Verzeichnis Ihrer Wahl und geben “1stSteps” als Dateiname ein.[2] Akzeptieren Sie den Vorgabetyp (*.rso7) und klicken **Speichern**, um das Fenster zu schließen und die Datei zu speichern.
- Schließen Sie das Projekt, indem Sie **Schließen** aus dem **Datei** -Menü wählen.

2. Als Vorgabe werden die Dateien im Verzeichnis “Meine Dokumente” auf Ihrem PC gespeichert. Auf Wunsch können Sie auch ein anderes Verzeichnis für diese Zwecke wählen, und Weibull++ wird sich dieses Verzeichnis für das nächste Mal “merken”, wenn Sie eine Datei speichern.

Schritt-für-Schritt-Beispiele

4

4.1 Beispielliste

Dieses Kapitel stellt Ihnen Schritt-für-Schritt-Beispiele zur Verfügung. Die Auswahl dieser Schulungsbeispiele vermittelt einen Einblick in die Weibull++ Software und deren Funktionseigenschaften:

- Beispiel 1: Lebensdatenanalyse mit kompletten und suspendierten Daten - Seite 19
- Beispiel 2: Beziehen Sie die Unzuverlässigkeit für eine gegebene Betriebszeit - Seite 24
- Beispiel 3: Berechnen Sie bedingte Zuverlässigkeit und Garantiezeit - Seite 28
- Beispiel 4: 3-Parameter Weibull-Analyse - Seite 32
- Beispiel 5: 2-Parameter Exponential-Analyse und Darstellungen - Seite 35
- Beispiel 6: Normales Wahrscheinlichkeitsnetz mit Vertrauensbereichen - Seite 40
- Beispiel 7: Berechnen Sie Zuverlässigkeit und MTTF mit Vertrauensbereichen - Seite 43
- Beispiel 8: Verwenden Sie den Funktions-Assistenten und das allgemeine Rechenblatt - Seite 45
- Beispiel 9: Analysieren Sie die Intervall-Daten - Seite 49
- Beispiel 10: Analysieren Sie beschleunigte Testdaten - Seite 52
- Beispiel 11: Degradations-Datenanalyse - Seite 60
- Beispiel 12: Garantie-Datenanalyse - Seite 65
- Beispiel 13: CFM-Analyse (Konkurrierende Ausfallmodi) - Seite 70
- Beispiel 14: Weibull-Bayesian-Analyse - Seite 75
- Beispiel 15: Ausfallmodi-ZBD-Analyse (Zuverlässigkeits-Blockdiagramm) - Seite 84
- Beispiel 16: Bestimmen Sie die optimale Burn-in-Zeit - Seite 88

4.2 Beispiel 1: Lebensdatenanalyse mit kompletten und suspendierten Daten

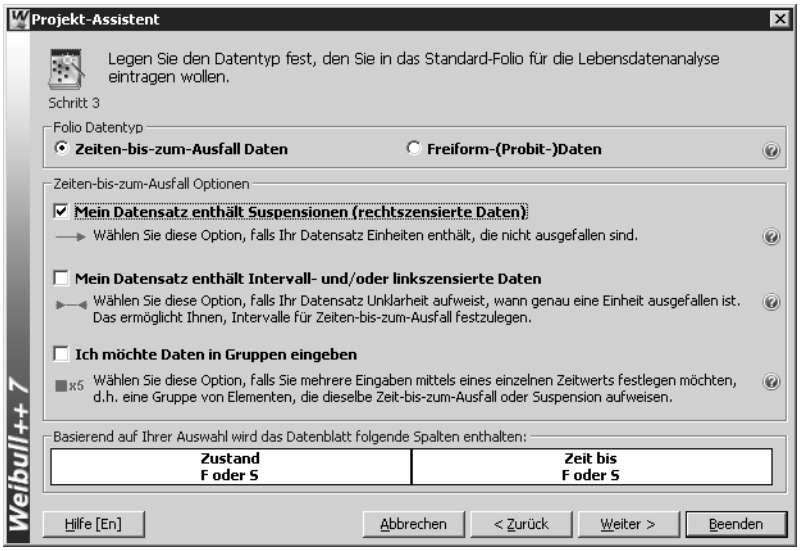
Zehn identische Einheiten wurden bei derselben Anwendung und denselben betrieblichen Belastungsbedingungen auf Zuverlässigkeit getestet. Sechs dieser Einheiten sind im Laufe des Tests ausgefallen, nachdem sie für folgende Zeiten in Betrieb waren, T_j: 16, 34, 53, 75, 93 und 120. Vier andere Einheiten waren nach 120 Std. immer noch in Betrieb, *d.h.* rechtszensiert oder suspendiert. Bestimmen Sie die Parameter der Weibull-*WDF (Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion)*, die diesen Datensatz repräsentiert und erstellen die grafischen Darstellungen der Wahrscheinlichkeit und *WDF*.

Die Datei zu diesem Beispiel finden Sie im Ordner "Training Guide" in Ihrem Anwendungsverzeichnis (d.h. C:\Program Files\ReliaSoft\Weibull7\Training Guide) unter "Training Examples.rwp". Verwenden Sie Folio1.

Lösung

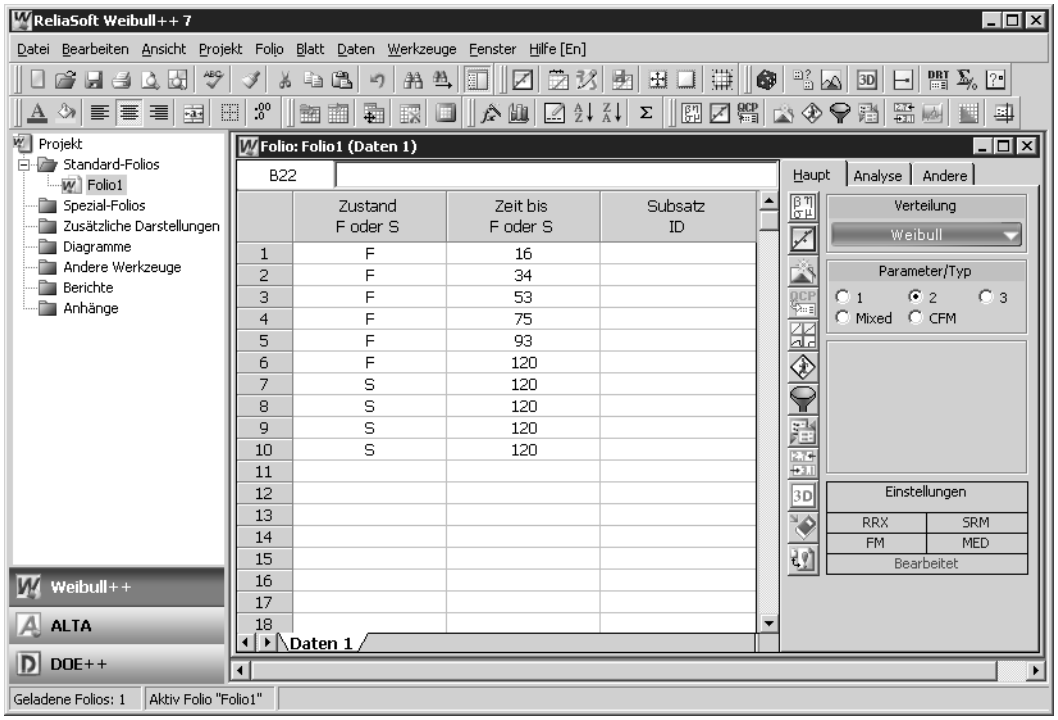
- Erstellen Sie ein neues Projekt, indem Sie **Neues Projekt erstellen** im Initialfenster wählen, das beim Startup erscheint, oder indem Sie **Datei >Neu...** wählen oder auf das Icon **Neu** klicken.

- Wählen Sie **Indem Sie dem Assistenten folgen** auf der ersten Dialogseite des Projekt-Assistenten und **Folio Lebensdatenanalyse** auf der zweiten Seite.
- Auf der dritten Seite wählen Sie **Zeiten-bis-zum-Ausfall-Daten** als Folio Datentyp und anschließend **Mein Datensatz enthält Suspensionen (rechtszensierte Daten)**, wie unten gezeigt.


Projekt-Assistent
Legen Sie den Datentyp fest, den Sie in das Standard-Folio für die Lebensdatenanalyse eintragen wollen.
Schritt 3
Folio Datentyp
Zeiten-bis-zum-Ausfall Daten
Freiform-(Probit-)Daten
Zeiten-bis-zum-Ausfall Optionen
Mein Datensatz enthält Suspensionen (rechtszensierte Daten)
Wählen Sie diese Option, falls Ihr Datensatz Einheiten enthält, die nicht ausgefallen sind.
Mein Datensatz enthält Intervall- und/oder linkszensierte Daten
Wählen Sie diese Option, falls Ihr Datensatz Unklarheit aufweist, wann genau eine Einheit ausgefallen ist. Das ermöglicht Ihnen, Intervalle für Zeiten-bis-zum-Ausfall festzulegen.
Ich möchte Daten in Gruppen eingeben
x5
Wählen Sie diese Option, falls Sie mehrere Eingaben mittels eines einzelnen Zeitwerts festlegen möchten, d.h. eine Gruppe von Elementen, die dieselbe Zeit-bis-zum-Ausfall oder Suspension aufweisen.
Basierend auf Ihrer Auswahl wird das Datenblatt folgende Spalten enthalten:
Zustand F oder S
Zeit bis F oder S
Weibull++ 7
Hilfe [En]
Abbrechen
< Zurück
Weiter >
Beenden

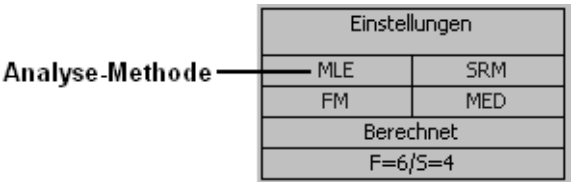
- Klicken Sie auf **Beenden**, um das neue Projekt mit dem entsprechenden Standard-Folio zu erstellen. In diesem Datenblatt-Typ enthält die erste Spalte ("Zustand F oder S") einen F-Wert, um darauf hinzuweisen, dass der in der zweiten Spalte ("Zeit bis F oder S") eingegebene Datenpunkt ein Ausfall oder ein S-Wert ist, um darauf hinzuweisen, dass der Datenpunkt eine Suspension ist. Bitte beachten Sie, wenn Sie einen positiven Wert in die Spalte "Zeit bis F oder S" eingeben, wird automatisch F von der Software zugeordnet. Wenn Sie einen negativen Wert eingeben, wird automatisch S zugeordnet.

- Geben Sie die Daten für dieses Beispiel ein, wie unten gezeigt.



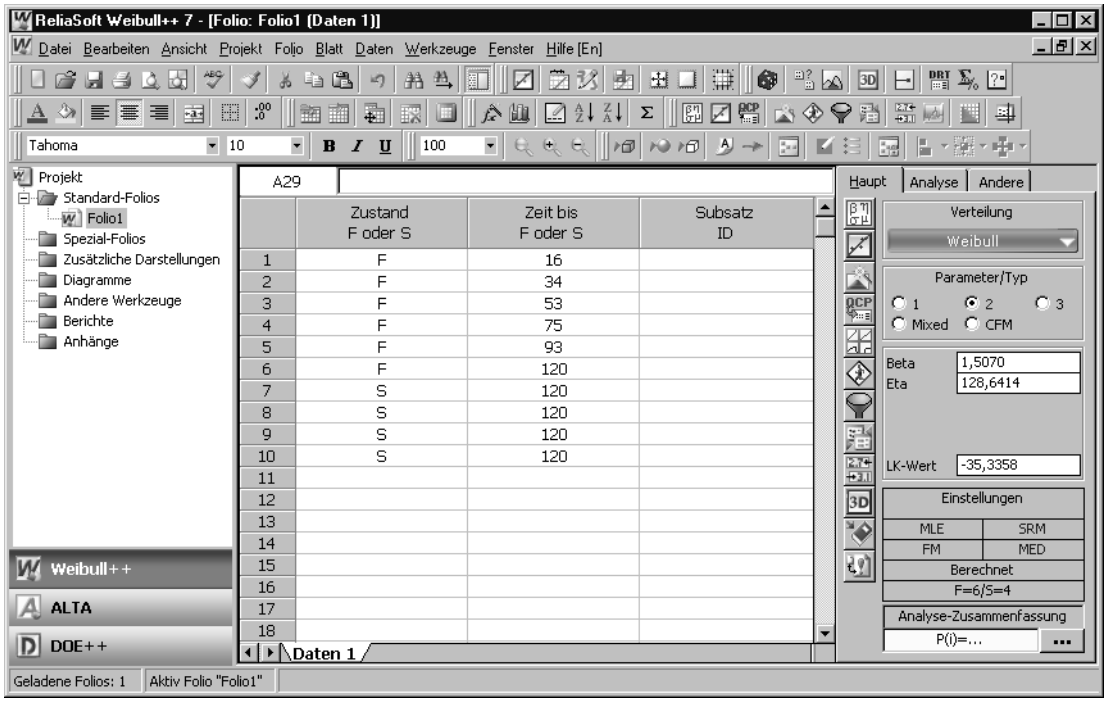
- Es werden die 2-Parameter Weibull-Verteilung und Maximum-Likelihood-Schätzung (MLE) verwendet, um die Parameter zu berechnen. Falls dies nicht die vorgegebenen Analyse-Optionen auf Ihrem Computer sind, wählen Sie **Weibull** aus der Verteilungsliste und **2** für Parameter/Typ in der Registerkarte Haupt im Kontrollpanel, wie unten gezeigt.

- Es gibt zwei Wege, um die Analyse-Methode einzustellen: wählen Sie **Maximum-Likelihood (MLE)** in der Registerkarte Analyse im Kontrollpanel, oder klicken die Option in der **Analyse-Methode**-Box in der Registerkarte Haupt im Kontrollpanel bis **MLE** eingeblendet wird, wie unten gezeigt.



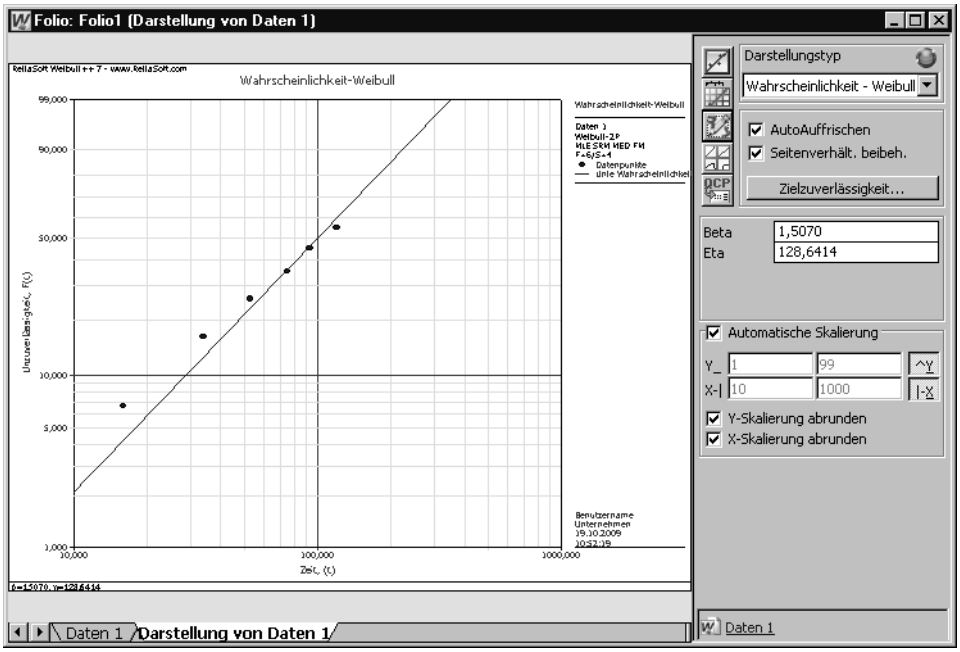
- Berechnen Sie die Parameter, indem Sie **Daten > Berechnen** wählen oder auf das Icon **Berechnen** klicken. Dieses Icon wird sowohl in der Symbolleiste für Datenanalyse-Werkzeuge als auch im Kontrollpanel eingeblendet.

Die Ergebnisse werden im Kontrollpanel eingeblendet, wie hier gezeigt.



- Stellen Sie die Daten dar, indem Sie **Daten** > **Darstellung** wählen, oder auf das Icon **Darstellung** klicken. Dieses Icon wird sowohl in der Symbolleiste für Datenanalyse-Werkzeuge als auch im Kontrollpanel eingeblendet.

Das Weibull-Wahrscheinlichkeitsnetz für diesen Datensatz sehen Sie unterhalb.



Beachten Sie, dass die geplottete Linie die Unzuverlässigkeit $Q(T)$ repräsentiert, die wie folgt definiert ist:

$$Q(T) = 1 - R(T)$$

wobei $R(T)$ die Zuverlässigkeit ist. Auf Wunsch kann die 2-Parameter Weibull-*WDF*, die diesen Datensatz repräsentiert, folgenderweise formuliert werden:

$$f(T) = \frac{\beta}{\eta}\left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta}}$$

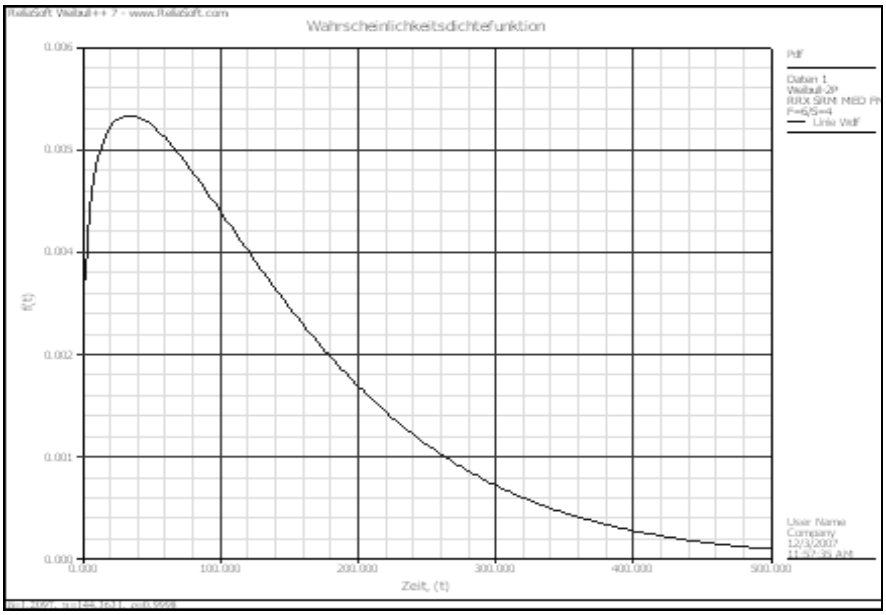
oder

$$f(T) = \frac{1,5070}{128,6414}\left(\frac{T}{128,6414}\right)^{0,5070} e^{-\left(\frac{T}{128,6414}\right)^{1,209}}$$

- Sie können die Weibull-*WDF* auch darstellen, indem Sie **WDF-Darstellung** aus der Darstellungstypliste im Kontrollpanel wählen.

- Falls Sie die Option AutoAuffrischen gewählt haben, wird das Darstellungsblatt automatisch aktualisiert, um den neuen Darstellungstyp wiederzugeben. Falls Sie diese Option nicht gewählt haben, klicken Sie auf das Icon **Darstellung neu zeichnen** oder wählen **Darstellung > Darstellung neu zeichnen**, um die Anzeige zu aktualisieren.

Die Darstellung *WDF* sehen Sie unterhalb.



- Gehen Sie zum Datenblatt zurück, indem Sie auf das Blattregister **Daten 1** unten im Folio klicken.

- Speichern Sie das Projekt, indem Sie **Datei > Speichern** wählen oder auf das Icon **Speichern** klicken.

- Wenn Sie aufgefordert werden den Namen und Ort für die Datei anzugeben, wählen Sie ein Verzeichnis Ihrer Wahl und geben "Training Examples" als Dateiname ein.[1] Akzeptieren Sie den Vorgabe-Typ (*.rso7) und klicken auf **Speichern**, um das Fenster zu schließen und die Datei zu speichern.
- Lassen Sie das Projekt und das Folio geöffnet und fahren mit dem nächsten Beispiel fort.

4.3 Beispiel 2: Beziehen Sie die Unzuverlässigkeit für eine gegebene Betriebszeit

Wie hoch ist die Unzuverlässigkeit der Einheiten aus Beispiel 1 bei einer Missionsdauer von 227 Std., wenn die Mission bei $T = 0$ anfängt?

Die Datei zu diesem Beispiel finden Sie im Ordner "Training Guide" in Ihrem Anwendungsverzeichnis (d.h. C:\Program Files\ReliaSoft\Weibull7\Training Guide) unter "Training Examples.rwp". Verwenden Sie Folio1.

Lösung

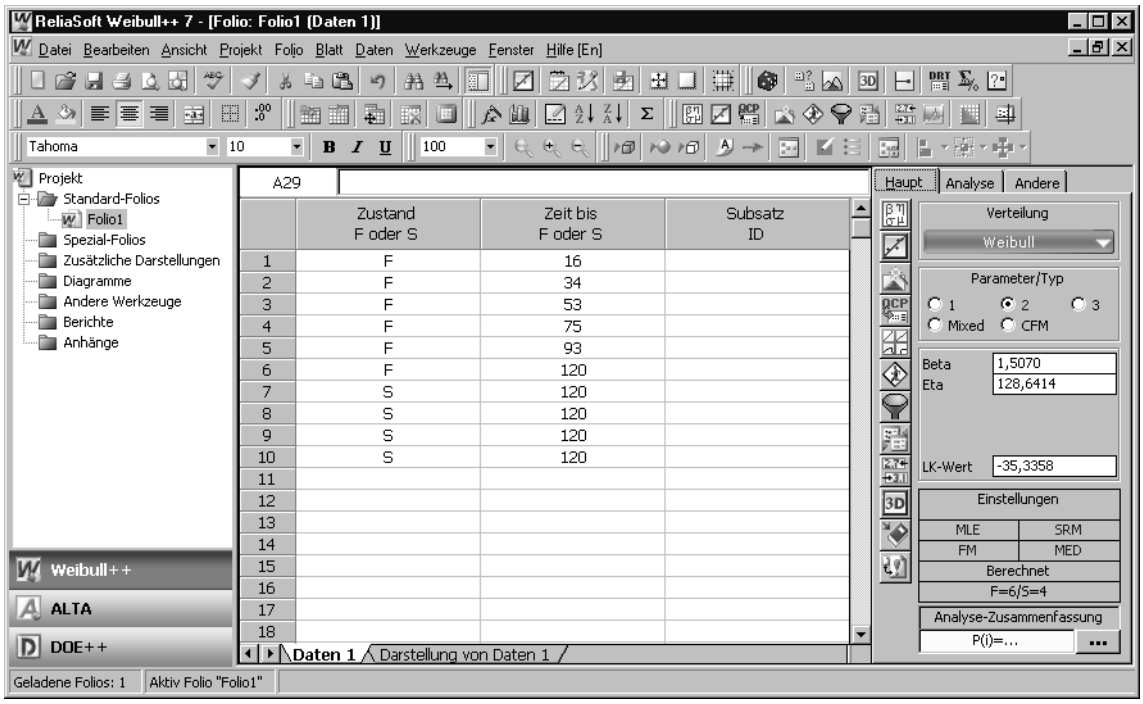
Es sind mehrere Lösungsmethoden möglich. Die erste und aufwendigere Methode ist die Beziehung der Informationen direkt aus der Darstellung. Es ist möglich diese aus einer Darstellung in Weibull++ oder anhand einer ausgedruckten Kopie zu extrahieren. In diesem Beispiel werden Sie die Informationen aus der Anwendung beziehen. Dazu verwenden Sie ReliaSoft-Draw (RS-Draw).[2]

- Falls Folio1 aus der Projektdatei "Training Examples.rso7", die Sie im ersten Beispiel erstellt haben, nicht bereits aktiv ist, öffnen Sie das Projekt, indem Sie **Datei > Öffnen** wählen oder auf das Icon **Öffnen** klicken.

- Durchsuchen Sie die Datei "Training Examples.rso7" und klicken auf **Öffnen**.

1. Als Vorgabe werden die Dateien im Verzeichnis "Meine Dokumente" auf Ihrem Computer gespeichert. Auf Wunsch können Sie hierfür ein anderes Verzeichnis wählen. Weibull++ wird sich dieses Verzeichnis für das nächste Mal "merken", wenn Sie eine Datei speichern.
2. RS-Draw wird detailliert im Kapitel 28 im *Weibull++ Benutzerhandbuch* behandelt.

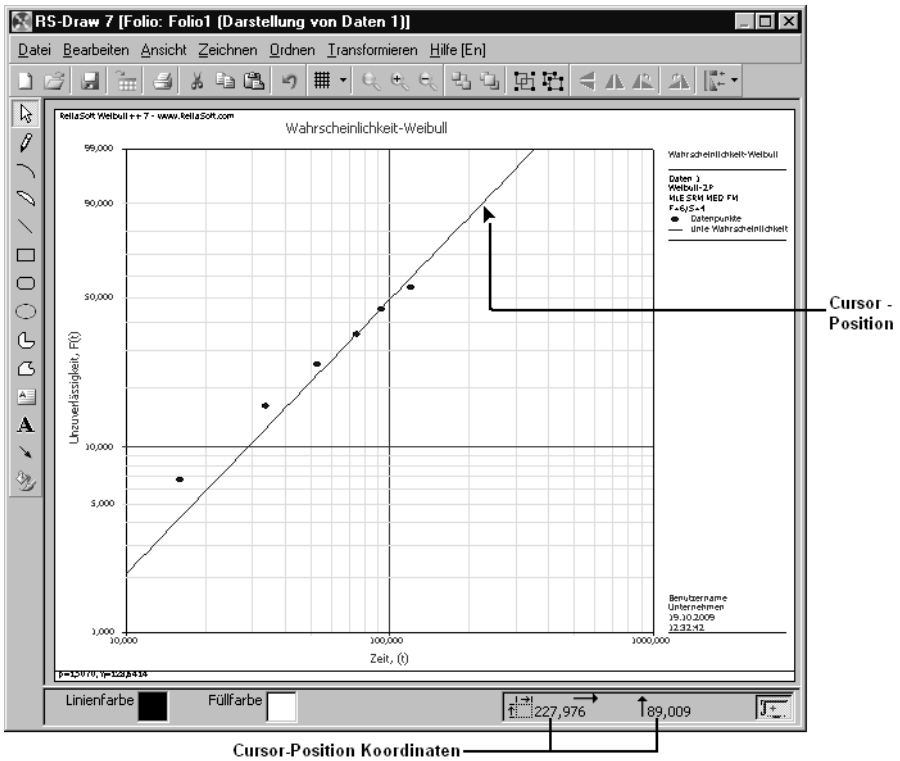
- Klicken Sie das “Pluszeichen” (+), links vom Standard-Folios Zweig im Projekt-Explorer auf der linken Seite der Weibull++ MDI (Multiple Document Interface), um eine Liste der Folios Standard-Lebensdatenanalyse im aktuellen Projekt einzublenden. Doppelklicken Sie auf **Folio1**, um es zu öffnen. Die MDI wird wie folgt aussehen:



- Klicken Sie auf das Blattregister **Darstellung von Daten 1** unten im Folio, um das Darstellungsblatt anzuzeigen. Wählen Sie **Wahrscheinlichkeit-Weibull** aus der Darstellungstypliste und aktualisieren die Anzeige, falls notwendig.
- Öffnen Sie RS-Draw, indem Sie **Darstellung > Mit RS-Draw bearbeiten...** wählen oder auf das Icon **Mit RS-Draw bearbeiten**... klicken. Dieses Icon finden Sie sowohl in der Symbolleise für Darstellungs-Werkzeuge als auch im Kontrollpanel.

- RS-Draw kann automatisch die Position des Cursors mitverfolgen und die Koordinaten für Sie übersetzen. Beziehen Sie die Unzuverlässigkeit bei T = 227 Std., indem Sie den Cursor auf der Überschneidung mit der dargestellten Linie und T = 227 platzieren. Der Positionsanzeiger, den Sie in der unteren rechten Ecke des Fensters RS-Draw finden, zeigt die Position des Cursors an. Die X-Koordinate (Zeit) wird links eingeblendet, die Y-Koordinate (Unzuverlässigkeit) rechts. Wenn die X-Koordinate ungefähr 227 anzeigt, lesen Sie bitte den Wert der Y-Koordinate ab. Es könnte sein, dass Sie den Unzuverlässigkeits-Wert bei genau 227 Std. nicht beziehen können. Dies ist einer der Nachteile, wenn

man die Werte anhand einer Darstellung abliest. Die Position des Cursors auf der Überschneidung mit der dargestellten Linie und $T = 227$ (ungefähr) sehen Sie unterhalb.



Der Wert der Y-Koordinate, die Unzuverlässigkeit $Q(T)$, beträgt laut Positionsanzeiger $Q(T) \cong 90\,\%$. Aus dem Grund ist 90% ein guter Schätzwert der Ausfallwahrscheinlichkeit (Unzuverlässigkeit) bei 227 Std. Die Zuverlässigkeit beträgt dann:

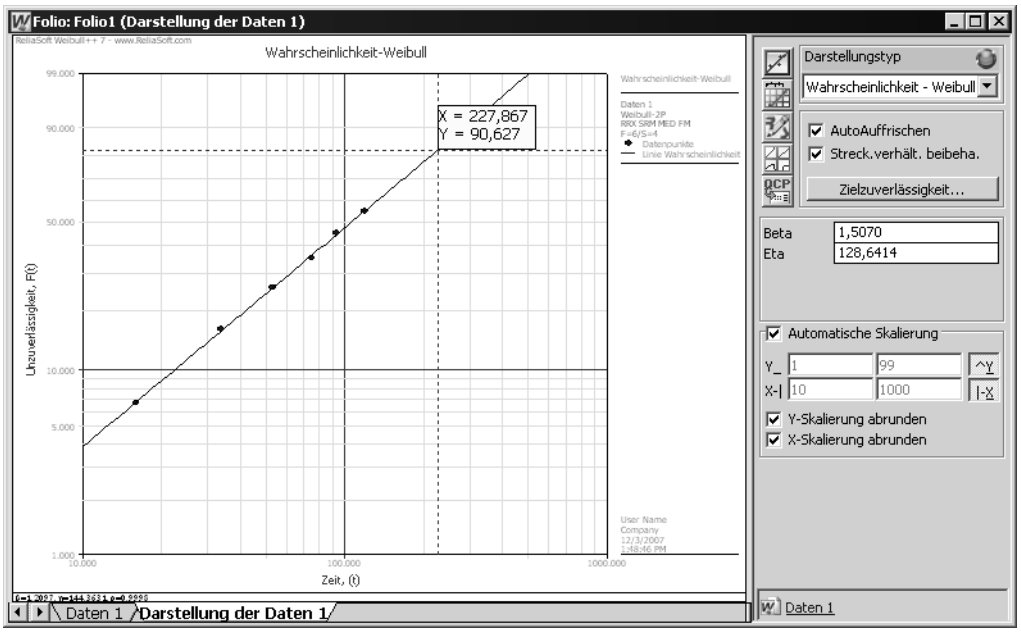
$$R(T) = 1 - Q(T) = 1 + 0,90$$

$$= 0,10 \text{ oder } 10\,\%$$

- Schließen Sie RS-Draw und kehren zum Darstellungsblatt zurück, indem Sie **Datei > Beenden** wählen oder indem Sie auf die Schaltfläche **Schließen** (X) in der oberen rechten Ecke des Fensters klicken.

Sie können die Koordinaten auch vom Darstellungsblatt ablesen. Platzieren Sie den Mauszeiger über der Darstellungslinie, drücken **Shift** und klicken auf die Darstellung. Die Koordinaten X und Y der aktuellen Position der Maus auf der Linie werden in einer gelben Box erscheinen. Wenn Sie die Schaltfläche **Shift** weiterhin gedrückt halten und dabei die Maus bewegen, wird der Zeiger die Darstellungslinie mitverfolgen

und Sie werden die Koordinaten ablesen können. Unterhalb sehen Sie ein Darstellungsblatt mit Koordinaten, die bei ca. 227 Std. markiert wurden.



- Kehren Sie zum Datenblatt zurück, indem Sie auf das Blattregister **Daten 1** klicken.

Die zweite Methode, um die Unzuverlässigkeit für eine gegebene Zeit zu beziehen, sieht die Verwendung vom Quick Calculation Pad (QCP) vor.[3]

- Öffnen Sie das Quick Calculation Pad, indem Sie **Daten > Quick Calculation Pad...** wählen oder auf das Icon **Quick Calculation Pad** klicken. Dieses Icon finden Sie sowohl in der Symbolleise für Datenanalyse-Werkzeuge, als auch im Kontrollpanel.

- Wählen Sie Folgendes in der Registerkarte Grundberechnungen:
  - Berechnungsoptionen: **Sta.-Wahrsch.-Berechn.**
  - Ergebnis-Optionen: **Ergebnisse als Ausfallwahrscheinlichkeit**
  - Erforderliche Benutzereingabe: Endzeit der Mission = **227**

3. Das Quick Calculation Pad wird detailliert im Kapitel 8 im *Weibull++ Benutzerhandbuch* behandelt.

- Klicken Sie auf **Berechnen**, um die Ergebnisse abzurufen, wie hier angezeigt.

Das QCP zeigt das Ergebnis $Q(T) = 0,9050 \cong 90\%$ an. Dies stimmt mit dem Ergebnis der Plotting-Methode überein, jedoch ist die QCP Anwendung genauer und einfacher zu handhaben.

- Schließen Sie das QCP, speichern die Änderungen, lassen das Projekt und das Folio geöffnet, und fahren mit dem nächsten Beispiel fort.

4.4 Beispiel 3: Berechnen Sie bedingte Zuverlässigkeit und Garantiezeit

Bestimmen Sie mit der Analyse aus Beispiel 1 die Zuverlässigkeit für eine Missionsdauer von t = 30 Std., wenn die Mission bei T = 30 Std. anfängt? Zusätzlich ermitteln Sie die Garantiezeit für eine Zuverlässigkeit von 85%?

Die Datei zu diesem Beispiel finden Sie im Ordner "Training Guide" in Ihrem Anwendungsverzeichnis (d.h. C:\Program Files\ReliaSoft\Weibull7\Training Guide) unter "Training Examples.rwp". Verwenden Sie Folio1.

Lösung

- Falls Folio1 aus der Projekt-Datei "Training Examples.rso7", das Sie im ersten Beispiel erstellt haben, nicht bereits aktiv ist, öffnen Sie jetzt das Projekt und das Folio.

Die verwendeten Funktionen, um die Zuverlässigkeit zu bestimmen, finden Sie unterhalb.

$$R(T,t) = \frac{R(T+t)}{R(T)}$$

$$\hat{R}(30Std, 30Std) = \frac{\hat{R}(30Std+30Std)}{\hat{R}(30Std)} = \frac{\hat{R}(60Std)}{\hat{R}(30Std)}$$

- Öffnen Sie das Quick Calculation Pad, indem Sie **Daten > Quick Calculation Pad...** wählen oder auf das Icon **Quick Calculation Pad** klicken.

- Wählen Sie Folgendes in der Registerkarte Grundberechnungen:
  - Berechnungsoptionen: **Sta.-Wahrsch.-Berechn.**
  - Ergebnis-Optionen: **Ergebnisse als Zuverlässigkeit**
  - Erforderliche Benutzereingabe: Endzeit der Mission = **60**
- Klicken Sie auf **Berechnen**, um die Ergebnisse abzurufen, wie hier angezeigt.

$$\hat{R}(60Std) = 0,7284$$

- Verwenden Sie weiterhin das QCP, geben Sie Endzeit der Mission = **30** ein und klicken auf **Berechnen**, um die Zuverlässigkeit bei *t* =30 Std. zu erhalten, wie hier angezeigt.

$$\hat{R}(30Std) = 0,8945$$

- Dividieren Sie die Zuverlässigkeit bei 60 Std. durch die Zuverlässigkeit bei 30 Std. und beziehen so die bedingte Zuverlässigkeit für dieses Beispiel.

$$\hat{R}(30Std, 30Std) = \frac{0,7284}{0,8945} = 0,8945$$

$$\hat{R}(30Std, 30Std) = 81,43\,\%$$

Wie bereits erwähnt, können Sie dieses Ergebnis mit dem Quick Calculation Pad auf direkte und effiziente Art beziehen. Die Sta.-Wahrsch.-Berechn. basiert auf einer Anfangszeit der Mission, T, die gleich Null ist. In diesem Beispiel war die Anfangszeit der Mission gleich T = 30 Std. Eine Anfangszeit der Mission größer als null kann in Betracht gezogen werden, wenn Sie bedingte Berechnungen verwenden.

- Weiterhin in der Registerkarte Grundberechnungen im QCP wählen Sie Folgendes:
  - Berechnungsoptionen: **Bedingte Berechnungen**
  - Ergebnis-Optionen: **Ergebnisse als Zuverlässigkeit**
  - Erforderliche Benutzereingaben:
    - Startzeit der Mission = **30**
    - Zusätzliche Zeit der Mission = **30**

- Klicken Sie auf **Berechnen**, um die Ergebnisse abzurufen, wie hier angezeigt.

Der zweite Teil dieses Beispiels umfasst die Bestimmung der Garantiezeit für eine Zuverlässigkeit von 85%.

- Weiterhin in der Registerkarte Grundberechnungen im QCP wählen Sie Folgendes:
  - Berechnungsoptionen: **Garantie-(Zeit)-Information**
  - Erforderliche Benutzereingabe: Erforderliche Zuverlässigkeit = **0,85**
- Klicken Sie auf **Berechnen**, um die Ergebnisse abzurufen, wie hier angezeigt.

Die erforderliche Zeit für eine Zuverlässigkeit von 85% ist gleich 38,5264.

- Schließen Sie das QCP, indem Sie auf **Schließen** klicken.
- Schließen Sie das Folio, indem Sie die Schaltfläche Schließen **(X)** in der oberen rechten Ecke klicken.
- Speichern Sie die Änderungen, lassen das Projekt geöffnet und fahren mit dem nächsten Beispiel fort.

4.5 Beispiel 4: 3-Parameter Weibull-Analyse

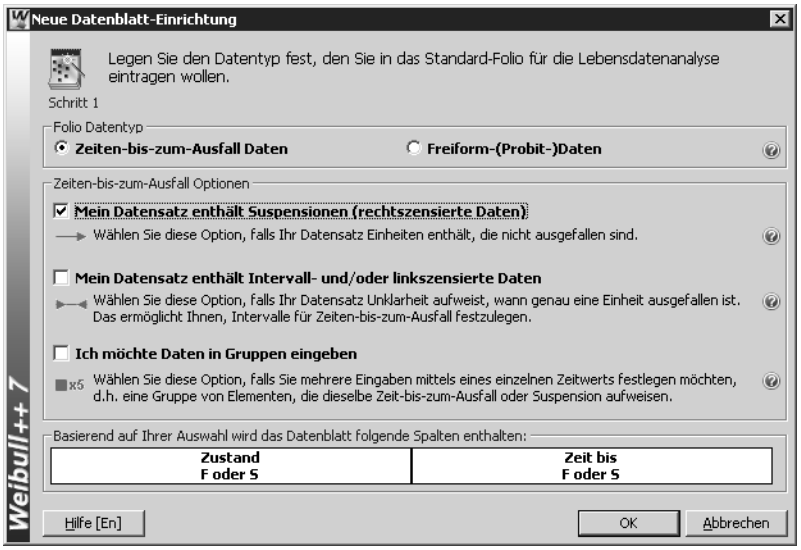
Die Option der 3-Parameter Weibull-Analyse berechnet den korrekten Wert γ und passt die Punkte gemäß diesem Wert an, so dass sie eine gerade Linie bilden, und stellt sowohl die angepassten als auch die nicht-angepassten Punkte dar.

Zehn identische Einheiten, N = 10, wurden bei derselben Anwendung und denselben betrieblichen Belastungsbedingungen auf Zuverlässigkeit getestet. Sechs dieser Einheiten sind während des Tests ausgefallen, nachdem sie für folgende Zeiten im Betrieb waren T_j: 46, 64, 83, 105, 123 und 150. Vier andere Einheiten wurden suspendiert, nachdem sie 150 Std. lang in Betrieb waren. Mit Nutzung der 3-Parameter Weibull-Verteilung und Rangregression nach X (RRX) bestimmen Sie die Parameter der Weibull-*WDF*, die diese Datenpunkte repräsentiert.

Die Datei zu diesem Beispiel finden Sie im Ordner "Training Guide" in Ihrem Anwendungsverzeichnis (d.h. C:\Program Files\ReliaSoft\Weibull7\Training Guide) unter "Training Examples.rwp". Verwenden Sie Folio2.

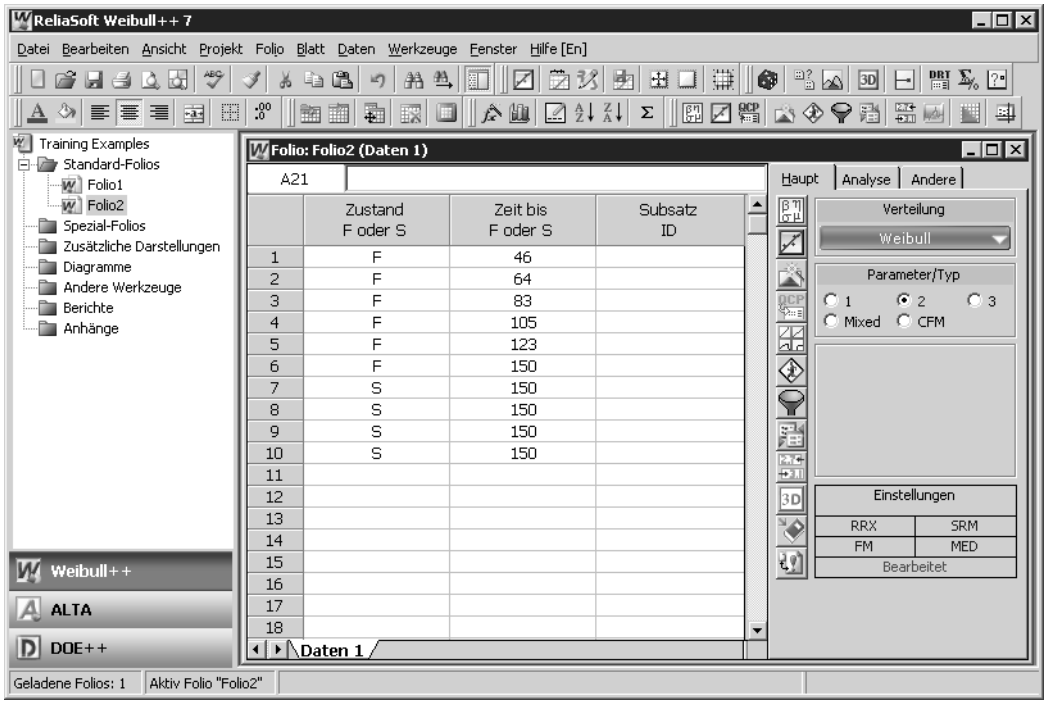
Lösung

- Im geöffneten Projekt "Training Examples.rso7" erstellen Sie ein neues Standard-Folio, indem Sie **Projekt > Standard-Folio hinzufügen...** wählen oder im Bereich des Projekt-Explorers rechtsklicken und **Standard-Folio hinzufügen...** aus dem Menükürzel wählen.
- Im Fenster Neue Datenblatt-Einrichtung wählen Sie als Folio Datentyp **Zeiten-bis-zum-Ausfall-Daten** und wählen **Mein Datensatz enthält Suspensionen (rechtszensierte Daten)**, wie unten gezeigt.


Neue Datenblatt-Einrichtung
Legen Sie den Datentyp fest, den Sie in das Standard-Folio für die Lebensdatenanalyse eintragen wollen.
Schritt 1
Folio Datentyp
Zeiten-bis-zum-Ausfall Daten
Freiform-(Probit-)Daten
Zeiten-bis-zum-Ausfall Optionen
Mein Datensatz enthält Suspensionen (rechtszensierte Daten)
Wählen Sie diese Option, falls Ihr Datensatz Einheiten enthält, die nicht ausgefallen sind.
Mein Datensatz enthält Intervall- und/oder linkszensierte Daten
Wählen Sie diese Option, falls Ihr Datensatz Unklarheit aufweist, wann genau eine Einheit ausgefallen ist. Das ermöglicht Ihnen, Intervalle für Zeiten-bis-zum-Ausfall festzulegen.
Ich möchte Daten in Gruppen eingeben
x5
Wählen Sie diese Option, falls Sie mehrere Eingaben mittels eines einzelnen Zeitwerts festlegen möchten, d.h. eine Gruppe von Elementen, die dieselbe Zeit-bis-zum-Ausfall oder Suspension aufweisen.
Basierend auf Ihrer Auswahl wird das Datenblatt folgende Spalten enthalten:
Zustand F oder S
Zeit bis F oder S
Weibull++ 7
Hilfe [En]
OK
Abbrechen

- Klicken Sie auf **OK**, um das neue Standard-Folio zu erstellen, zusammen mit dem von Ihnen spezifizieren Datenblatt.

- Geben Sie die Daten auf dieselbe Weise wie im Beispiel 1 ein. Die MDI mit den ins neue Folio eingegebenen Daten sehen Sie unterhalb. Beachten Sie, dass der Projekt-Explorer jetzt zwei Folios der Standard-Datenanalyse einblendet, Folio1 und Folio2.[4]

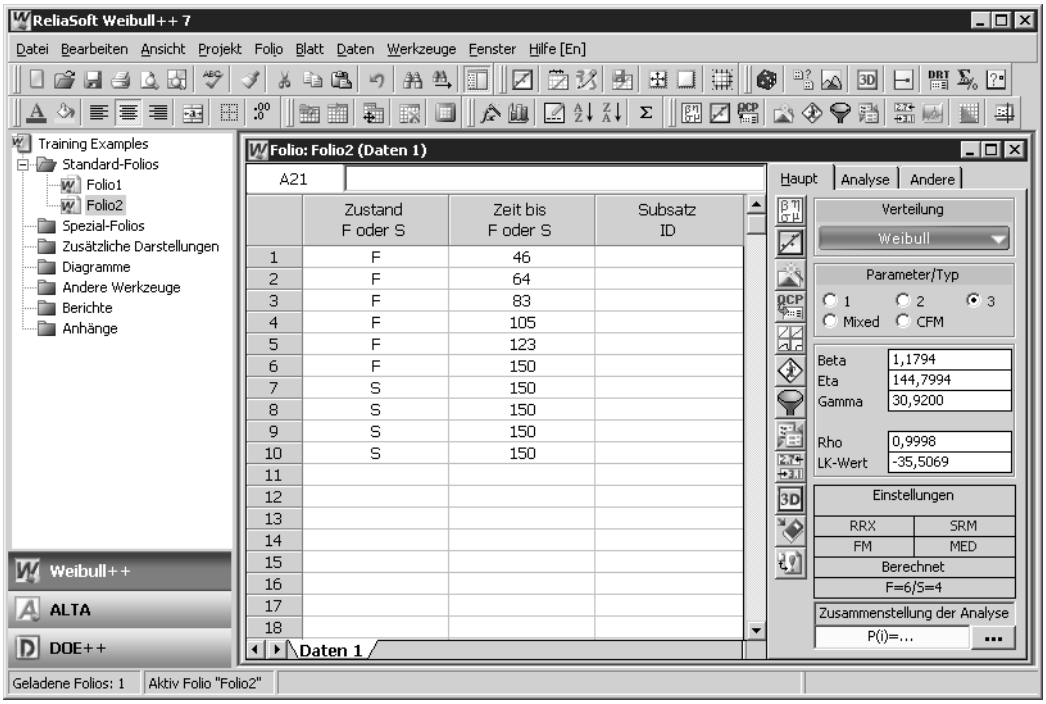


- Im Kontrollpanel wählen Sie **Weibull** aus der Verteilungsliste und **3** für Parameter/Typ in der Registerkarte Haupt, wie unterhalb angezeigt.

- Stellen Sie die Analyse-Methode in der Registerkarte Analyse im Kontrollpanel auf **Rangregression nach X (RRX)** ein, oder klicken auf die Option im Bereich Einstellungen in der Registerkarte Haupt bis RRX eingeblendet wird.
- Berechnen Sie die Parameter, indem Sie **Daten > Berechnen** wählen oder auf das Icon **Berechnen** klicken.

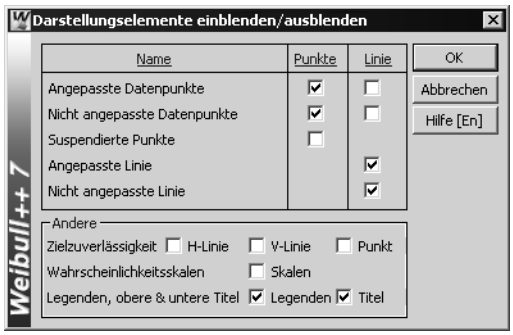
[4] Bei diesen Beispielen wurden voreingestellte Folio-Namen verwendet, die Sie beliebig ändern können. Um ein Element im Projekt-Explorer umzubenennen, rechtsklicken Sie das Element und wählen **Element umbenennen** aus dem Menükürzel oder wählen das Element und drücken **F2**.

Die berechneten Parameter sehen Sie unterhalb.

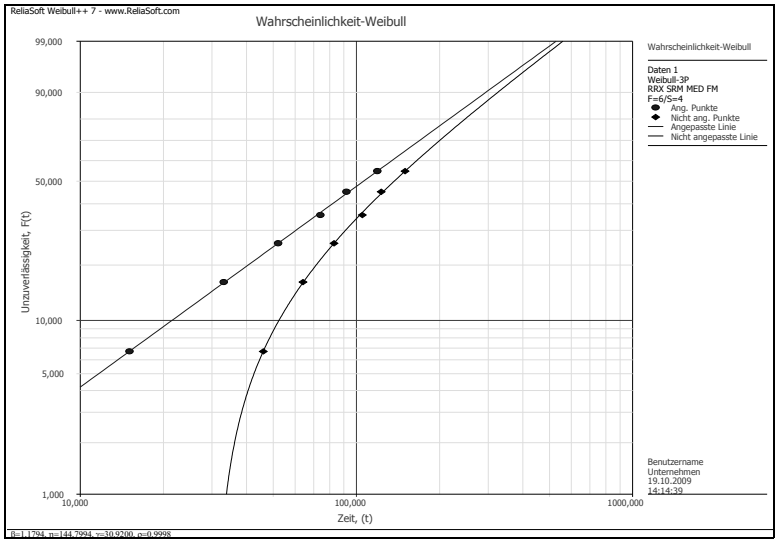


- Stellen Sie die Daten dar, indem Sie **Daten > Darstellung** wählen oder auf das Icon **Darstellung** klicken.

- Wählen Sie **Wahrscheinlichkeit-Weibull** aus der Darstellungstypliste (falls nicht bereits gewählt).
- Nachdem Sie die Darstellung aktualisiert haben, wählen Sie **Darstellung > Elemente einblenden/ ausblenden...** oder rechtsklicken innerhalb der Grafik und wählen den Befehl aus dem Menükürzel. Im Fenster 'Darstellungselemente einblenden/ausblenden' wählen Sie beides, Linie/Punkte, angepasst auf Gamma und Linie/Punkte, nicht angepasst auf Gamma, wie unterhalb angezeigt.



- Klicken Sie auf **OK**, um das Fenster zu schließen, und die Darstellung sowohl mit den angepassten als auch nicht angepassten Darstellungslinien zu aktualisieren, wie unterhalb gezeigt.



Beachten Sie, dass die Original-Datenpunkte, die entlang der gebogenen Linie geplottet sind, mit γ = 30,92 Std. angepasst wurden, um eine gerade Linie zu bilden. Beachten Sie auch, dass die X-Achse für die Darstellung gleich T - γ ist. Deshalb müssen Sie den Wert von γ zum gefundenen X-Achsenwert von (T - γ) hinzufügen, um die notwendige Zeit (T) für ein gegebenes Unzuverlässigkeitsniveau durch Nutzung der geraden Linie zu erhalten. Alternativ können Sie die Ergebnisse von der nicht angepassten Linie ablesen.

- Schließen Sie das Folio, speichern die Änderungen, lassen das Projekt geöffnet und fahren mit dem nächsten Beispiel fort.

4.6 Beispiel 5: 2-Parameter Exponential-Analyse und Darstellungen

Zwanzig Einheiten, N = 20, wurden mit folgenden Zeiten-bis-zum-Ausfall auf Zuverlässigkeit getestet: sieben Einheiten sind nach 100 Std. ausgefallen, fünf Einheiten nach 200 Std., drei Einheiten nach 300 Std., zwei Einheiten nach 400 Std., eine Einheit nach 500 Std. und zwei Einheiten nach 600 Std.

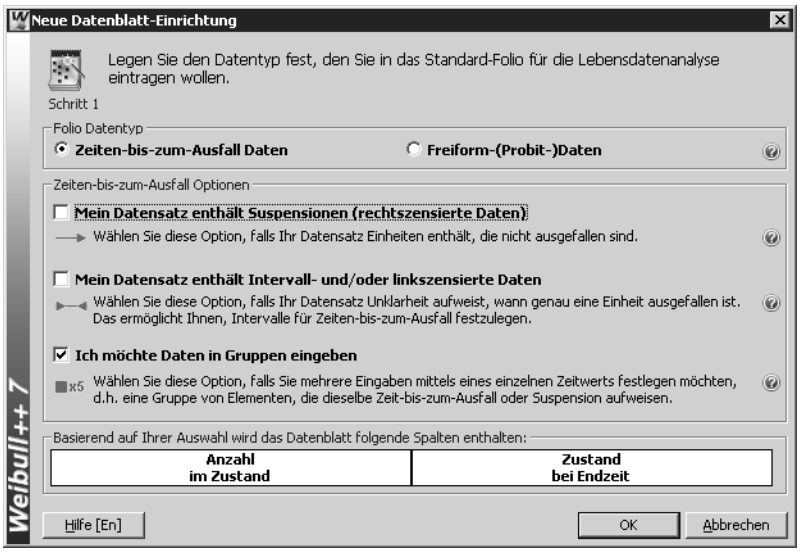
Verfahren Sie wie folgt:

- Geben Sie die Daten ein. Verwenden Sie die 2-Parameter Exponential-Verteilung und Rangregression nach X als die Parameter-Schätzungsmethode.
- Beziehen Sie die Darstellung Exponential-Wahrscheinlichkeit.
- Beziehen Sie die Darstellung Zuverlässigkeit vs. Zeit.
- Beziehen Sie die Darstellung *WDF*.
- Beziehen Sie die Darstellung Ausfallrate vs. Zeit.

Die Datei zu diesem Beispiel finden Sie im Ordner "Training Guide" in Ihrem Anwendungsverzeichnis (d.h. C:\Program Files\ReliaSoft\Weibull7\Training Guide) unter "Training Examples.rwp". Verwenden Sie Folio3.

Lösung

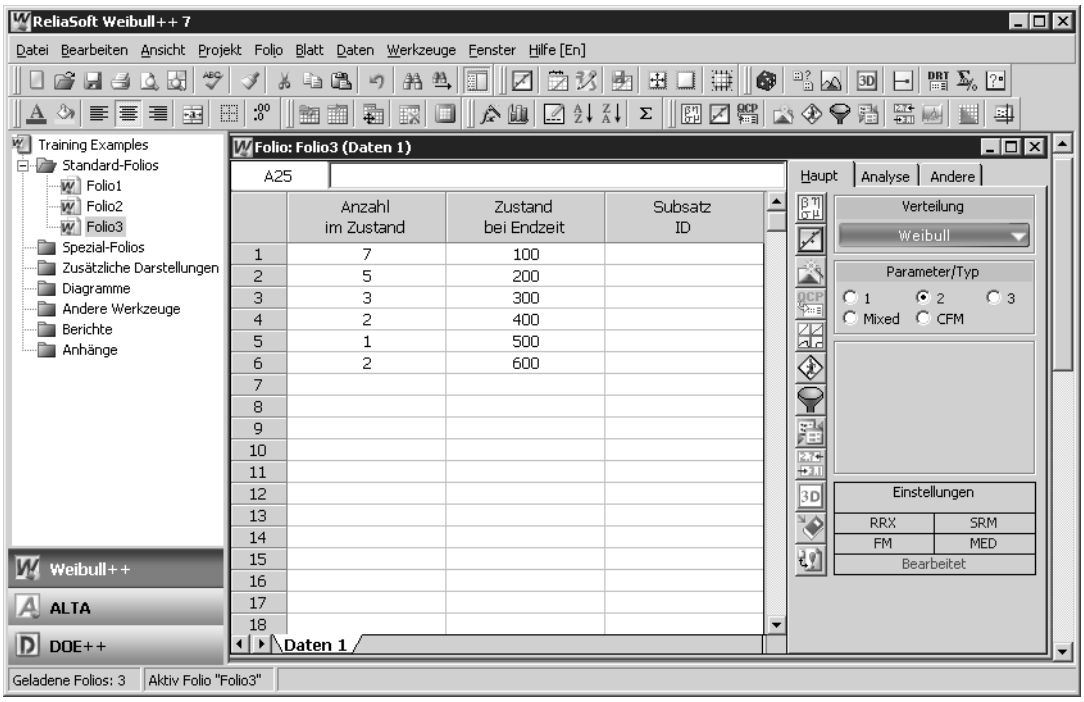
- Im geöffneten Projekt “Training Examples.rso7” erstellen Sie ein neues Standard-Folio, indem Sie **Projekt > Standard-Folio hinzufügen...** wählen oder im Bereich des Projekt-Explorers rechtsklicken und **Standard-Folio hinzufügen...** aus dem Menükürzel wählen.
- Im Fenster Neue Datenblatt-Einrichtung wählen Sie **Zeiten-bis-zum-Ausfall-Daten** als Folio-Datentyp und wählen **Ich möchte Daten in Gruppen eingeben**, wie unterhalb angezeigt.


Neue Datenblatt-Einrichtung
Legen Sie den Datentyp fest, den Sie in das Standard-Folio für die Lebensdatenanalyse eintragen wollen.
Schritt 1
Folio Datentyp
Zeiten-bis-zum-Ausfall Daten
Freiform-(Probit-)Daten
Zeiten-bis-zum-Ausfall Optionen
Mein Datensatz enthält Suspensionen (rechtszensierte Daten)
Wählen Sie diese Option, falls Ihr Datensatz Einheiten enthält, die nicht ausgefallen sind.
Mein Datensatz enthält Intervall- und/oder linkszensierte Daten
Wählen Sie diese Option, falls Ihr Datensatz Unklarheit aufweist, wann genau eine Einheit ausgefallen ist. Das ermöglicht Ihnen, Intervalle für Zeiten-bis-zum-Ausfall festzulegen.
Ich möchte Daten in Gruppen eingeben
x5
Wählen Sie diese Option, falls Sie mehrere Eingaben mittels eines einzelnen Zeitwerts festlegen möchten, d.h. eine Gruppe von Elementen, die dieselbe Zeit-bis-zum-Ausfall oder Suspension aufweisen.
Basierend auf Ihrer Auswahl wird das Datenblatt folgende Spalten enthalten:
Anzahl im Zustand
Zustand bei Endzeit
Weibull++ 7
Hilfe [En]
OK
Abbrechen

- Klicken Sie auf **OK**, um das neue Standard-Folio mit dem von Ihnen festgelegten Datenblatt zu erstellen.

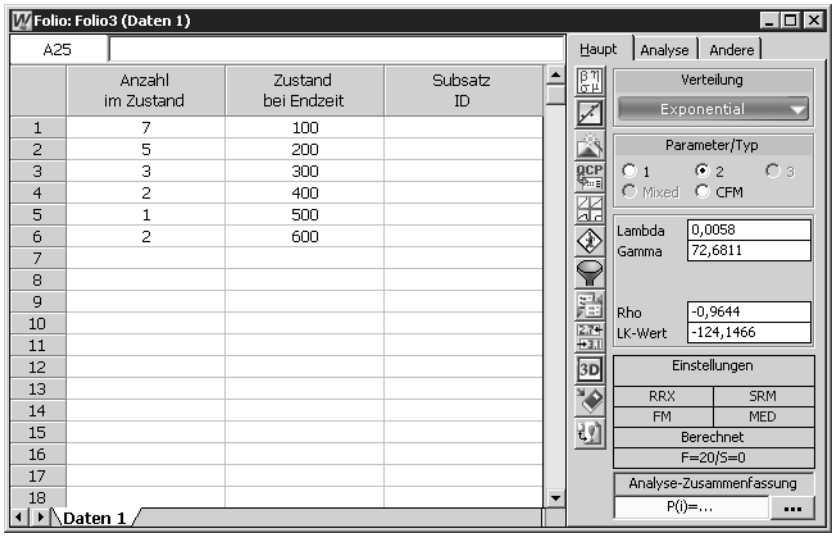
In diesem Datenblatt-Typ enthält die erste Spalte (“Anzahl im Zustand”) die Anzahl der Einheiten, die zu einem bestimmten Zeitpunkt ausgefallen sind, und die zweite Spalte (“Zustand bei Endzeit”) enthält die Zeit-bis-zum-Ausfall.

- Geben Sie die Daten in das neue Folio ein und wählen die 2-Parameter Exponential-Verteilung mit RRX, wie unterhalb gezeigt.



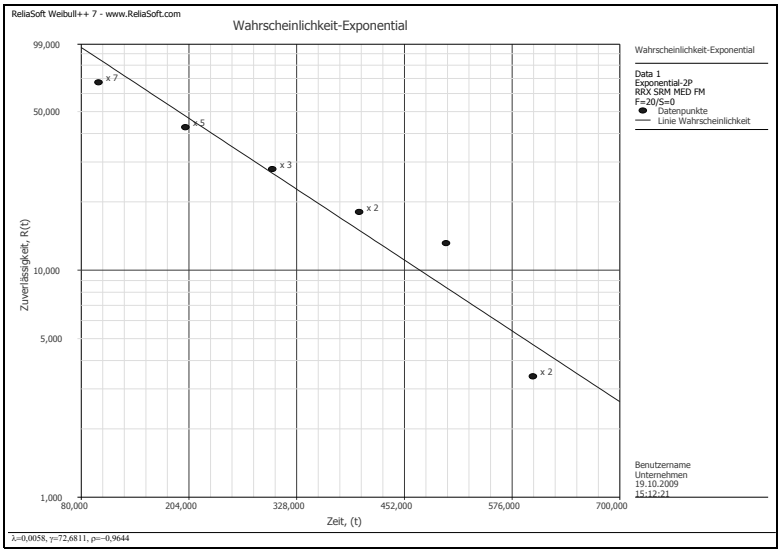
- Berechnen Sie die Parameter, indem Sie **Daten > Berechnen** wählen oder auf das Icon **Berechnen** klicken.

Die berechneten Parameter sehen Sie unterhalb.

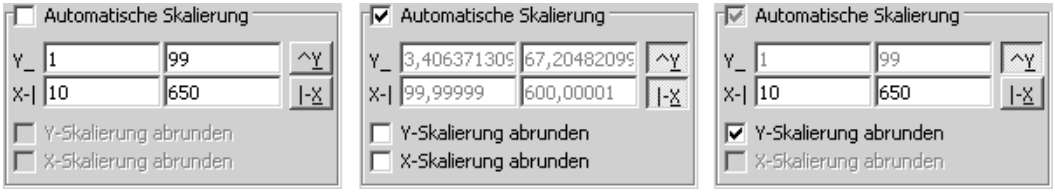


- Stellen Sie die Daten dar, indem Sie **Daten > Darstellung** wählen oder auf das Icon **Darstellung** klicken.

- Wählen Sie **Wahrsch.-Exponential** aus der Darstellungstypliste und aktualisieren die Anzeige, falls notwendig. Die Darstellung Wahrscheinlichkeit-Exponential sehen Sie unterhalb.

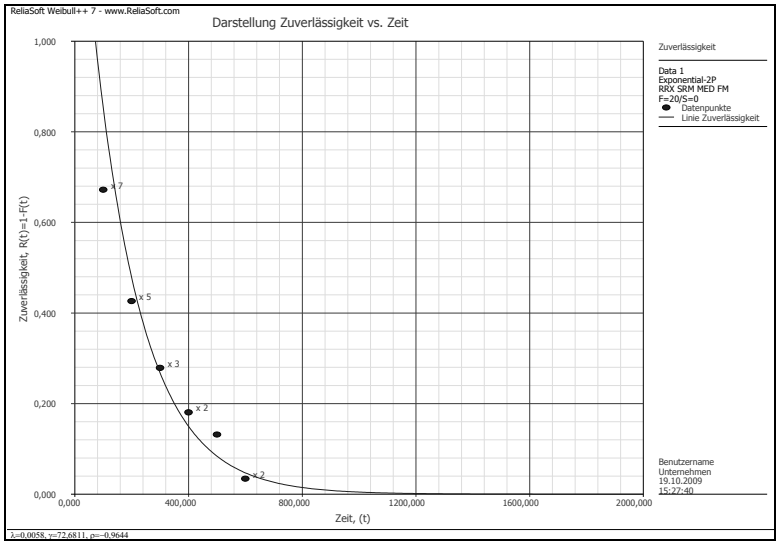


Beachten Sie, dass diese Darstellung mit automatischer Skalierung und Abrundung für beide, die Y-Skalierung (vertikale Achse) und die X-Skalierung (horizontale Achse) eingeblendet wird. Dies sind die standardmäßig aktivierten Darstellungsoptionen in Weibull++. Wenn Sie die Optionen **Y-Skalierung abrunden** und **X-Skalierung abrunden** abwählen und die Anzeige aktualisieren, wird die Skalierung automatisch direkt basierend auf den Daten eingestellt. Wenn Sie die Option **Automatische Skalierung** abwählen, können Sie die Anfangs- und Endwerte für beide Skalierungen manuell einstellen. Mit Nutzung der Schaltflächen **^Y** and **|-X** ist es auch möglich, eine Skalierung manuell und die andere Skalierung automatisch einzustellen. Änderungen der Skalierung werden nicht wirksam, bis Sie die Darstellungs-Anzeige aktualisieren. Unterhalb finden Sie Beispiele für die manuelle Skalierung beider Achsen, automatische Skalierung ohne Abrundung, und automatische Skalierung mit Abrundung auf der Y-Achse, jedoch manuelle Skalierung auf der X-Achse. Es stehen auch andere Kombinationen zur Verfügung, damit besondere Skalierungsanforderungen erfüllt werden können.

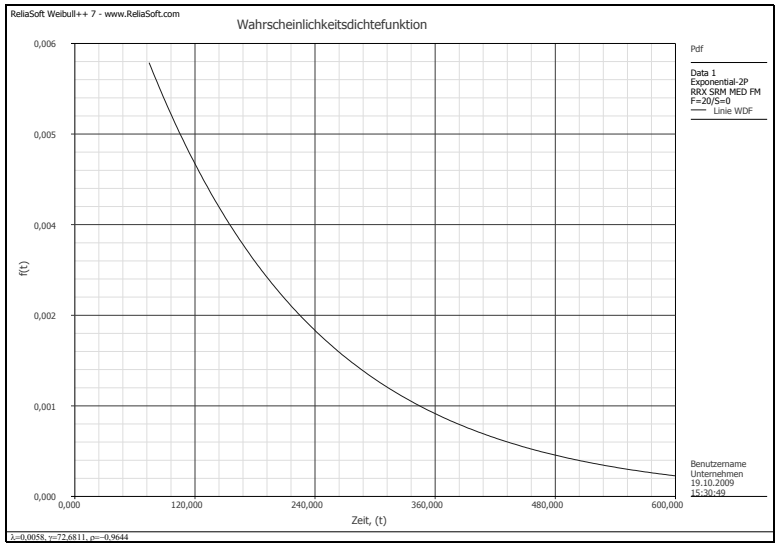


- Nachdem Sie die Skalierungsoptionen etwas getestet haben, kehren Sie zu den vorgegebenen Einstellungen zurück (die Optionen automatische Skalierung, Y-Skalierung abrunden, X-Skalierung abrunden sind gewählt), bevor Sie weitere Darstellungen generieren.

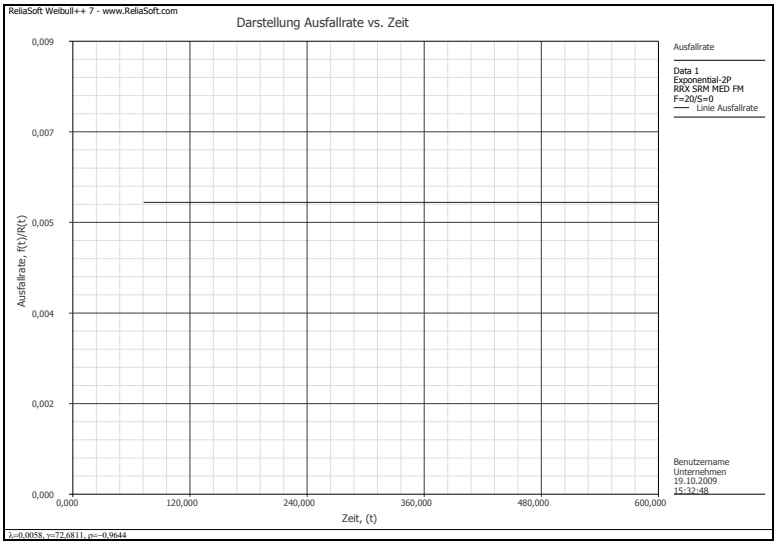
- Wählen Sie **Zuverlässigkeit vs. Zeit** aus der Darstellungstypliste und aktualisieren die Anzeige, falls notwendig. Die Darstellung sehen Sie unterhalb.



- Wählen Sie **WDF-Darstellung** aus der Darstellungstypliste und aktualisieren die Anzeige, falls notwendig. Die Darstellung sehen Sie unterhalb.



- Wählen Sie **Ausfallrate vs. Zeit** aus der Darstellungstypliste und aktualisieren die Anzeige, falls notwendig. Die Darstellung sehen Sie unterhalb.



- Schließen Sie das Folio, speichern die Änderungen, lassen das Projekt geöffnet und fahren mit dem nächsten Beispiel fort.

4.7 Beispiel 6: Normales Wahrscheinlichkeitsnetz mit Vertrauensbereichen

Sechs Einheiten wurden auf Ausfälle getestet und folgende Zeiten-bis-zum-Ausfall wurden dabei beobachtet: 11 260; 12 080; 12 125; 12 825; 13 550 und 14 670 Std. Nehmen Sie an, dass die Daten normal verteilt sind.

Verfahren Sie wie folgt:

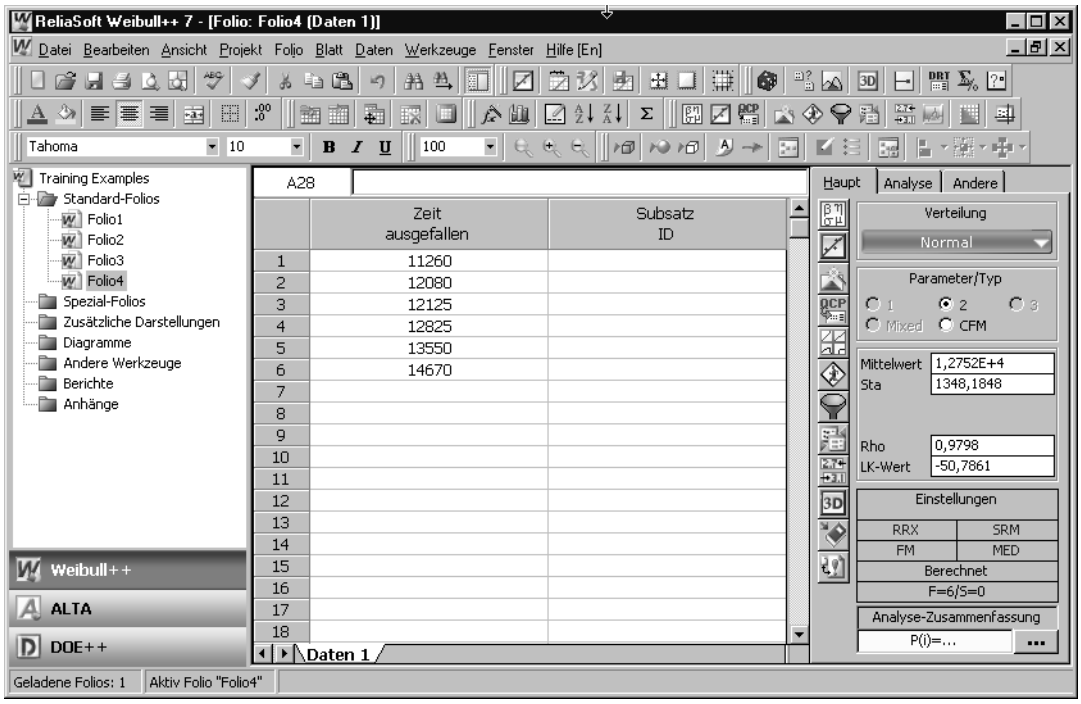
- Bestimmen Sie die Parameter für die Daten unter Verwendung der normalen Verteilung und Rangregression nach X als Parameter-Schätzungsmethode.
- Beziehen Sie die Darstellung Normale Wahrscheinlichkeit für die Daten mit 90%-, 2-seitigen-Zeit(Typ 1)-Vertrauensbereichen.
- Beziehen Sie die Darstellung *WDF*.

Die Datei zu diesem Beispiel finden Sie im Ordner "Training Guide" in Ihrem Anwendungsverzeichnis (d.h. C:\Program Files\ReliaSoft\Weibull7\Training Guide) unter "Training Examples.rwp". Verwenden Sie Folio4.

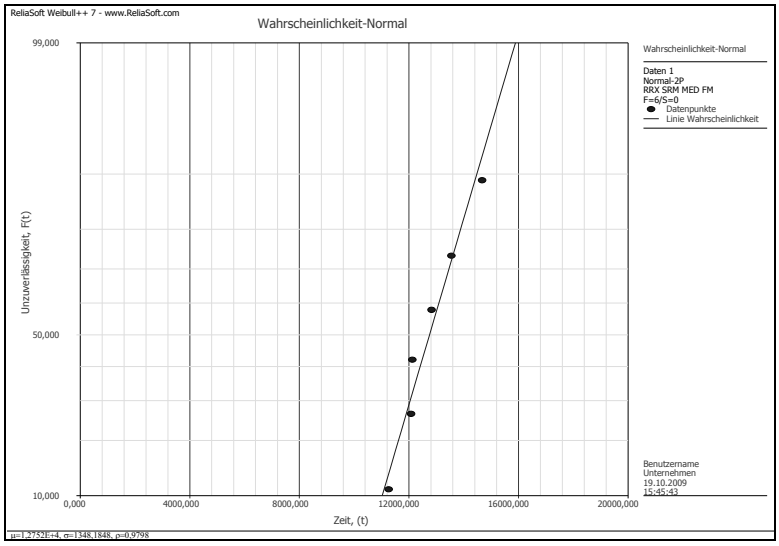
Lösung

- Im geöffneten Projekt "Training Examples.rso7" erstellen Sie ein neues Standard-Folio, indem Sie **Projekt > Standard-Folio hinzufügen...** wählen, oder im Bereich des Projekt-Explorers rechtsklicken und **Standard-Folio hinzufügen...** aus dem Menükürzel wählen.
- Im Fenster Neue Datenblatt-Einrichtungen wählen Sie **Zeiten-bis-zum-Ausfall-Daten** als Folio Datentyp und wählen alle anderen Optionen ab. Klicken Sie auf **OK**, um das neue Standard-Folio mit dem von Ihnen festgelegten Datenblatt zu erstellen.

- Geben Sie die Daten in das neue Folio ein, wählen Normalverteilung nach RRX und berechnen die Parameter, wie unten gezeigt.

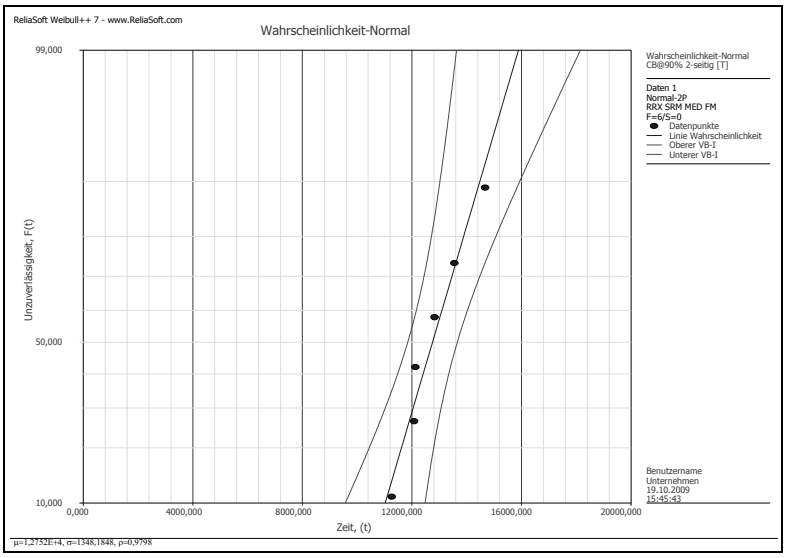


- Erstellen Sie das normale Wahrscheinlichkeitsnetz, wie unten gezeigt.



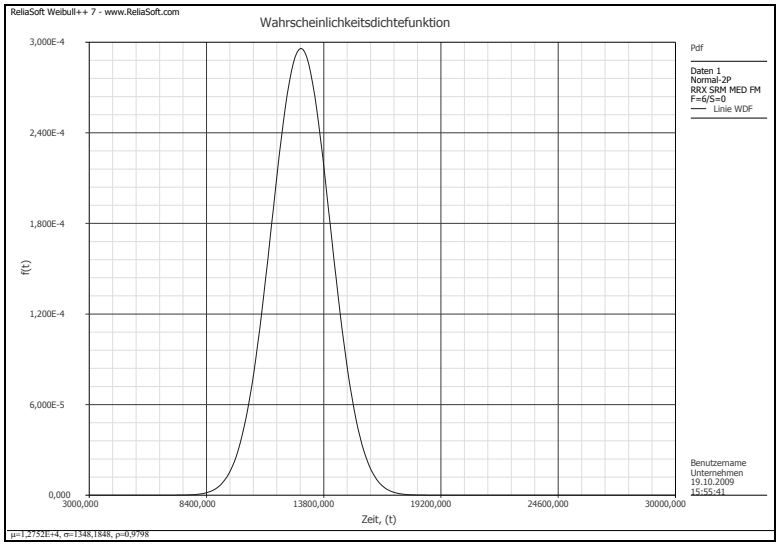
- Wählen Sie **Darstellung > Vertrauensbereiche...** oder rechtsklicken innerhalb der Grafik, um den Befehl aus dem Menükürzel zu wählen, um das Fenster Vertrauensbereiche-Einstellungen zu öffnen. Bestimmen Sie **Zweiseitig, Zeit (Typ I)** und Vertrauensniveau = **90**, wie unten gezeigt.

- Klicken Sie auf **OK,** um das Fenster zu schließen und die Vertrauensbereiche für die Darstellung einzublenden, wie unten gezeigt.



Beachten Sie, dass die Darstellungslegende jetzt Informationen zu den erstellten Vertrauensbereichen enthält.

- Zeichnen Sie die Darstellung *WDF*, wie unten gezeigt.



- Klicken Sie auf das Blattregister **Daten 1** unten im Folio, um zum Datenblatt zurückzukehren.
- Speichern Sie die Änderungen, lassen das Projekt und das Folio geöffnet und fahren mit dem nächsten Beispiel fort.

4.8 Beispiel 7: Berechnen Sie Zuverlässigkeit und MTTF mit Vertrauensbereichen

Verwenden Sie die Analyse und Daten aus dem letzten Beispiel und verfahren wie folgt:

- Bestimmen Sie die Zuverlässigkeit für eine Missionsdauer von 11 000 Std. sowie die zweiseitigen 90%-Vertrauensbereiche für diese Zuverlässigkeit.
- Bestimmen Sie MTTF, sowie die zweiseitigen 90%-Vertrauensbereiche für MTTF.

Die Datei zu diesem Beispiel finden Sie im Ordner "Training Guide" in Ihrem Anwendungsverzeichnis (d.h. C:\Program Files\ReliaSoft\Weibull7\Training Guide) unter "Training Examples.rwp". Verwenden Sie Folio4.

Lösung

- Falls Folio 4 aus der Projekt-Datei "Training Examples.rso7" nicht bereits aktiv ist, öffnen Sie jetzt das Projekt und das Folio.
- Öffnen Sie das Quick Calculation Pad, indem Sie **Daten > Quick Calculation Pad...** wählen, oder auf das Icon **Quick Calculation Pad** klicken.

- Treffen Sie folgende Auswahl / Eingabe in der Registerkarte Grundberechnungen:
  - Berechnungsoptionen: **Sta.-Wahrsch.-Berechn.**
  - Ergebnis-Optionen: **Ergebnisse als Zuverlässigkeit**
  - Benutzereingabe: Endzeit der Mission = **11000**

- In der Registerkarte Vertrauensbereiche wählen Sie **Vertrauensbereiche zeigen**, um die Optionen der Vertrauensbereiche zu aktivieren. Wählen Sie **Zweiseitig** und geben 0,9 für das Vertrauensniveau ein, wie hier angezeigt.

- Kehren Sie zur Registerkarte Grundberechnungen zurück und klicken auf **Berechnen**, um das unten angezeigte Ergebnis mit Vertrauensbereichen zu erhalten.

- Um die MTTF zu beziehen, wählen Sie **Mittlere Lebensdauer** aus den Berechnungsoptionen in der Registerkarte Grundberechnungen. Da die Vertrauensbereiche bereits eingestellt sind, klicken Sie auf **Berechnen**, um die hier gezeigten Ergebnisse zu erhalten.

- Kehren Sie zur Registerkarte Vertrauensbereiche zurück und wählen **Vertrauensbereiche zeigen** ab.
- Klicken Sie auf **Schließen,** um das QCP zu schließen, lassen das Projekt und das Folio geöffnet und fahren mit dem nächsten Beispiel fort.

4.9 Beispiel 8: Verwenden Sie den Funktions-Assistenten und das allgemeine Rechenblatt

Verwenden Sie die Daten aus Beispiel 6 und beziehen tabellierte Werte für die Ausfallrate für zehn unterschiedliche Endzeiten der Mission. Die Endzeiten der Mission betragen 1 000 bis 10 000 Std.in Inkrementen von 1 000 Std.

Die Datei zu diesem Beispiel finden Sie im Ordner "Training Guide" in Ihrem Anwendungsverzeichnis (d.h. C:\Program Files\ReliaSoft\Weibull7\Training Guide) unter "Training Examples.rwp". Verwenden Sie Folio4.

Lösung

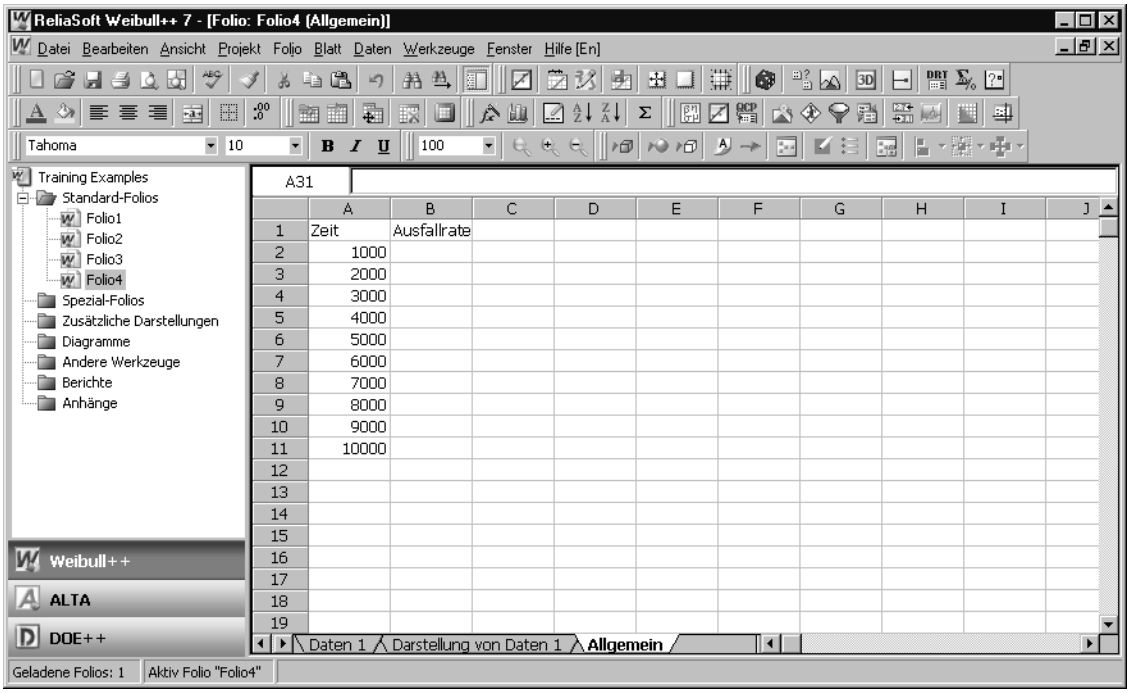
Sie können dies mühelos mit Nutzung des Funktions-Assistenten im allgemeinen Rechenblatt erzielen.[5] Das allgemeinen Rechenblatt ist dem Excel®-Arbeitsblatt sehr ähnlich. Sie können Formeln eingeben und die Zellen in ähnlicher Weise bearbeiten. Mit Nutzung des Funktions-Assistenten können Sie eine Vielfalt von berechneten Ergebnissen basierend auf Ihren Eingaben einfügen und, falls anwendbar, ein Referenz-Datenblatt einfügen.

- Falls Folio4 aus dem Projekt "Training Examples.rso7" nicht bereits aktiv ist, öffnen Sie jetzt das Projekt und das Folio.

5. Das allgemeine Rechenblatt wird detailliert in Kapitel 20 des *Weibull++ Benutzerhandbuches* behandelt und der Funktions-Assistent in Kapitel 22.

- Fügen Sie ein allgemeines Rechenblatt ein, indem Sie **Folio > Allgemeines Rechenblatt einfügen** wählen oder auf das Icon in der Symbolleiste für Folio-Werkzeuge klicken.

- Geben Sie “Zeit” in Zelle A1 und “Ausfallrate” in Zelle B1 ein und tragen in Zellen A2 bis A11 die Werte von 1000 bis 10000 ein.[6] Platzieren Sie den Kursor in Zelle B2, wie unterhalb gezeigt.

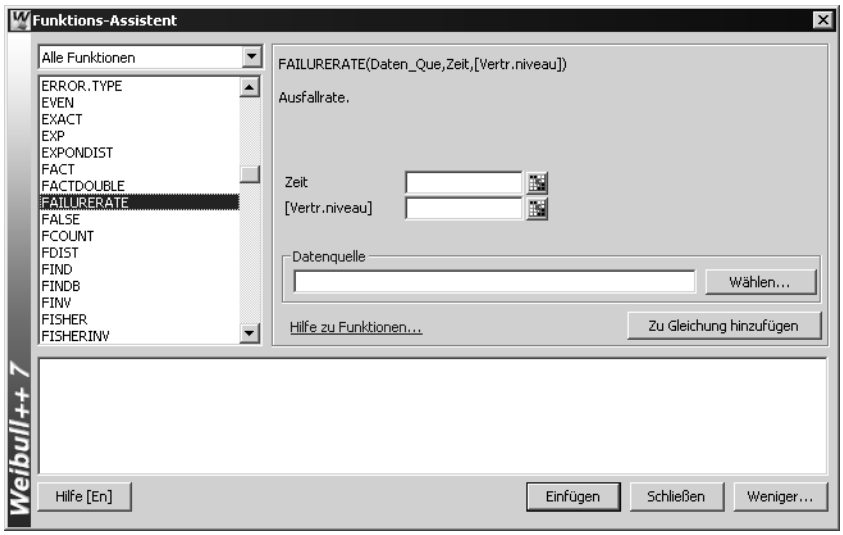


- Öffnen Sie den Funktions-Assistenten, indem Sie **Daten > Funktions-Assistent** wählen oder auf das Icon **Funktions-Assistent** klicken.

- Wählen Sie **FAILURERATE** aus der Liste der Funktionen. Die Funktionen sind in alphabetischer Reihenfolge aufgelistet, und wenn Sie innerhalb dieser Liste klicken, um den Namen der Funktion einzugeben, wird automatisch die erste Funktion in der Liste gewählt, die Ihren getippten Anfangsbuchstaben entspricht Bitte beachten Sie auch, das Menü oberhalb der Liste ermöglicht, die

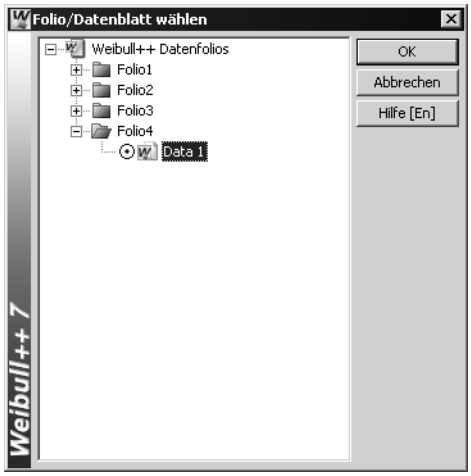
6. Um Zeit zu sparen, können Sie die Gleichung “=A2+1000” in Zelle A3 eingeben und dann die Gleichung bis Zelle A11 kopieren/einfügen.

Liste zu filtern, um beispielsweise nur Funktionen eines bestimmten Typs anzuzeigen. Wenn Sie die Funktion FAILURERATE (Ausfallrate) wählen, wird der Assistent wie folgt aussehen.

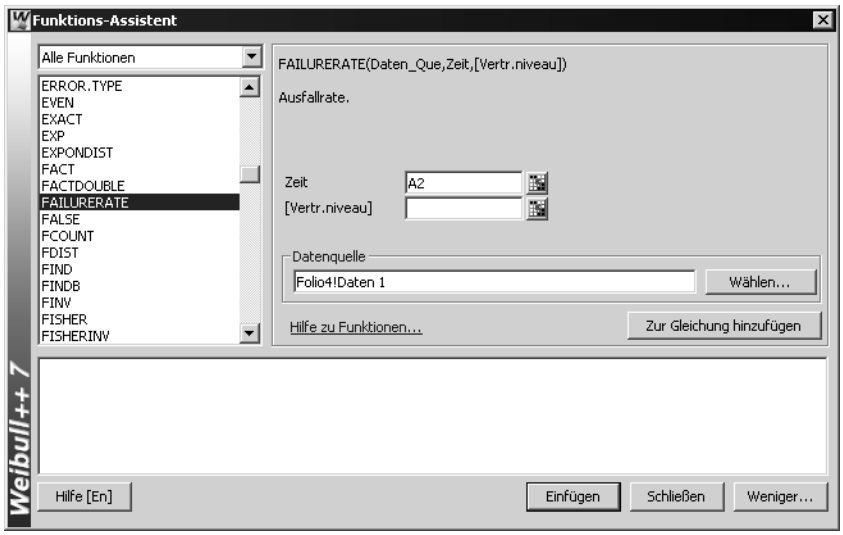


Die Eingaben, die im Fall der gewählten Funktion erforderlich sind, werden rechts im Fenster eingeblendet. Die Textbox unten im Fenster macht es möglich eine Funktion zu erstellen, die in das Rechenblatt eingefügt wird.

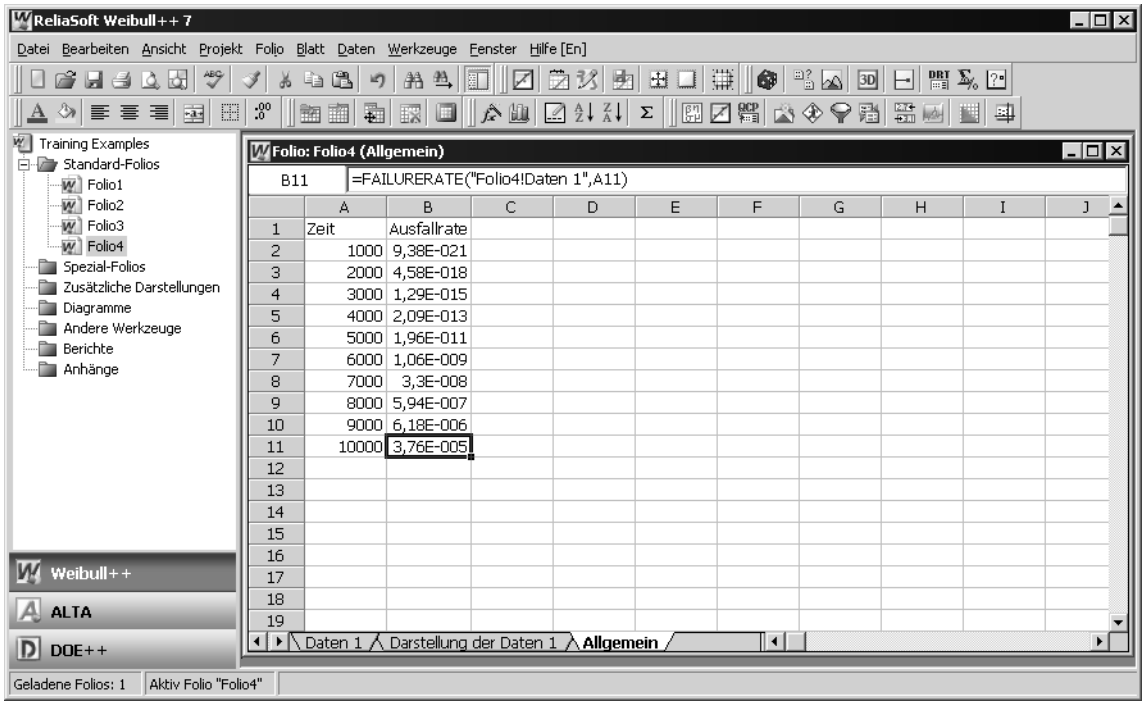
- Geben Sie **A2** für Zeit ein. Es deutet darauf hin, dass die Zeiteingabe für die Gleichung aus der festgelegten Zelle im Arbeitsblatt bezogen wird.
- Um die vorhandene Weibull++ Analyse festzulegen, auf der das Ergebnis der Funktion basieren wird, klicken Sie auf **Wählen...**, um das Fenster 'Folio/Datenblatt wählen' zu öffnen und navigieren zum gewünschten Blatt. Falls Sie alle Beispiele im Projekt Training Examples.rso7 aus diesem Schulungshandbuch ausgeführt haben, finden Sie diese unter Daten 1 in Folio4, wie unten gezeigt.



- Klicken Sie auf **OK**, um das Fenster zu schließen und kehren zum Funktions-Assistent zurück. Der Assistent entspricht der nachfolgenden Abbildung.



- Klicken Sie auf **Einfügen**, um das Fenster zu schließen, und fügen den Funktionscode im allgemeinen Rechenblatt ein. Die Funktionen werden in die Zelle eingefügt, die aktiv war, als Sie den Funktions-Assistenten geöffnet haben.
- Kopieren Sie die Funktion in Zellen B3 bis B11. Eine Möglichkeit ist, die Maus über die untere rechte Ecke von Zelle B2 zu platzieren, und nachdem der Kursor sich in ein Pluszeichen (+) verwandelt, klicken und ziehen Sie den Kursor bis Zelle B11.
- Mit Wahl einer Zelle, in die Sie eine Funktion hineinkopiert haben, können Sie sehen, dass sich die Zellreferenz der aktuellen Zeile angepasst hat, wie hier gezeigt mit Wahl der Zelle B11.



Die von Ihnen erstellte Tabelle zeigt die Ausfallrate für jeden Zeitwert in Spalte A an, basierend auf der Analyse im verknüpften Datenblatt.

- Schließen Sie das Folio, speichern die Änderungen, lassen das Projekt geöffnet und fahren mit dem nächsten Beispiel fort.

4.10 Beispiel 9: Analysieren Sie die Intervall-Daten

Berücksichtigen Sie die nachfolgenden Intervall-Daten. Der Datensatz enthält Inspektionszeiten von 167 identischen Teilen in einer Maschine sowie die Anzahl der Teile, die am Ende jeder Inspektionszeit beschädigt waren.

Anzahl im Zustand	Zuletzt untersucht	Zustand	Zustand bei Endzeit
5	0	F	6,12
16	6,12	F	19,92
12	19,92	F	29,64
18	29,64	F	35,40
18	35,40	F	39,72
2	39,72	F	45,24
6	45,24	F	52,32
17	52,32	F	63,48
73	63,48	S	63,48

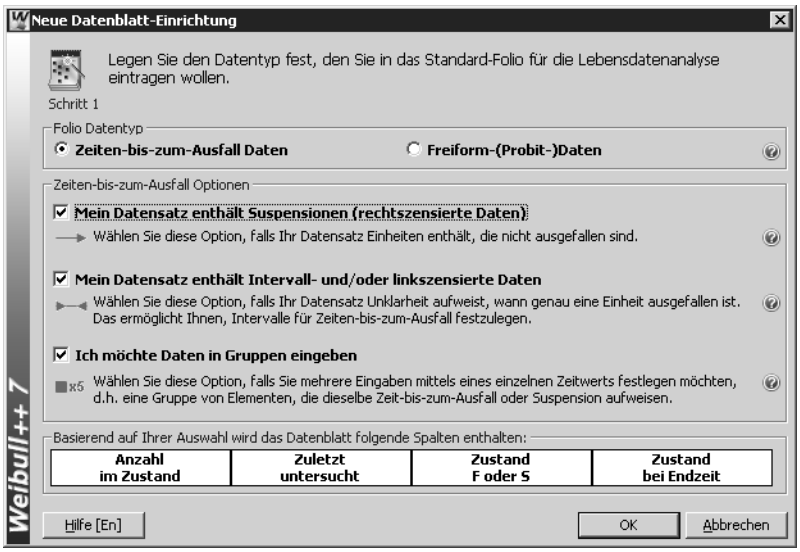
Bestimmen Sie die Parameter der 2-Parameter Weibull-Verteilung unter Verwendung der Maximum-Likelihood-Schätzung und beziehen die Darstellung Oberfläche der 3D-Log-Likelihood-Funktion.

Die Datei zu diesem Beispiel finden Sie im Ordner "Training Guide" in Ihrem Anwendungsverzeichnis (d.h. C:\Program Files\ReliaSoft\Weibull7\Training Guide) unter "Training Examples.rwp". Verwenden Sie Folio5.

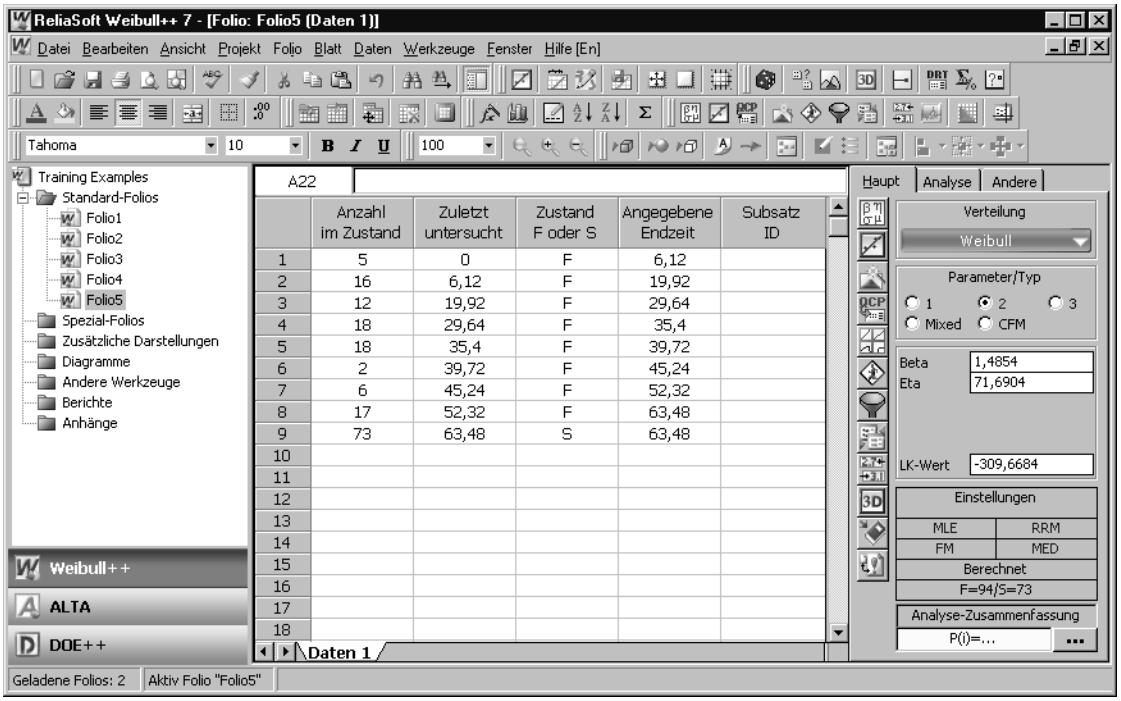
Lösung

- Im geöffneten Projekt "Training Examples.rso7" erstellen Sie ein neues Standard-Folio, indem Sie **Projekt > Standard-Folio hinzufügen...** wählen, oder im Bereich des Projekt-Explorers rechtsklicken und **Standard-Folio hinzufügen...** aus dem Menükürzel wählen.

- Im Fenster Neue Datenblatt-Einrichtung wählen Sie **Zeiten-bis-zum-Ausfall-Daten** als Folio Datentyp und alle Optionen unter Zeit-bis-zum-Ausfall-Daten, wie unterhalb gezeigt.

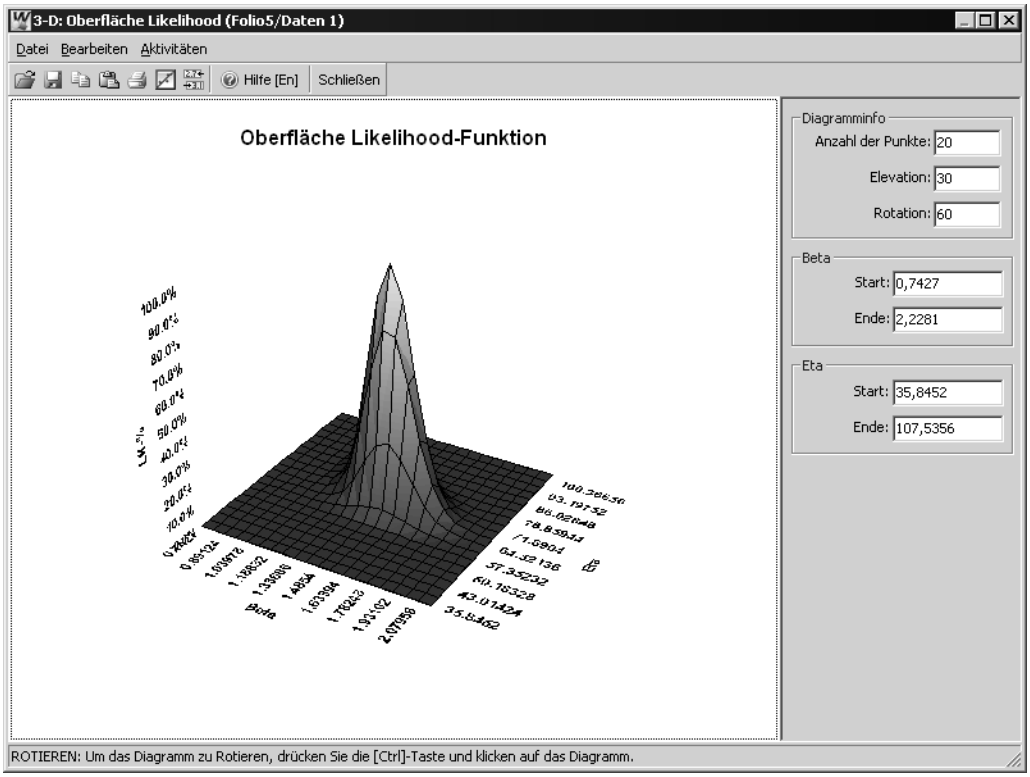

Neue Datenblatt-Einrichtung
Legen Sie den Datentyp fest, den Sie in das Standard-Folio für die Lebensdatenanalyse eintragen wollen.
Schritt 1
Folio Datentyp
Zeiten-bis-zum-Ausfall Daten
Freiform-(Probit-)Daten
Zeiten-bis-zum-Ausfall Optionen
Mein Datensatz enthält Suspensionen (rechtszensierte Daten)
Wählen Sie diese Option, falls Ihr Datensatz Einheiten enthält, die nicht ausgefallen sind.
Mein Datensatz enthält Intervall- und/oder linkszensierte Daten
Wählen Sie diese Option, falls Ihr Datensatz Unklarheit aufweist, wann genau eine Einheit ausgefallen ist. Das ermöglicht Ihnen, Intervalle für Zeiten-bis-zum-Ausfall festzulegen.
Ich möchte Daten in Gruppen eingeben
Wählen Sie diese Option, falls Sie mehrere Eingaben mittels eines einzelnen Zeitwerts festlegen möchten, d.h. eine Gruppe von Elementen, die dieselbe Zeit-bis-zum-Ausfall oder Suspension aufweisen.
Basierend auf Ihrer Auswahl wird das Datenblatt folgende Spalten enthalten:
Anzahl im Zustand
Zuletzt untersucht
Zustand F oder S
Zustand bei Endzeit
Weibull++ 7
Hilfe [En]
OK
Abbrechen

- Klicken Sie auf **OK**, um das neue Standard-Folio mit dem von Ihnen festgelegten Datenblatt zu erstellen.
- Geben Sie die Daten ein und berechnen die Parameter mit der 2-Parameter Weibull-Verteilung und MLE, wie unten angezeigt.



- Erstellen Sie die 3D-Darstellung Oberfläche-Likelihood-Funktion, indem Sie **Werkzeuge > ReliaSoft 3D-Darstellung... (LK Funktion)** wählen, oder das Icon im Kontrollpanel oder in der Symbolleiste für Allgemeine Werkzeuge anklicken.

Die Darstellung sehen Sie unterhalb.



Um die Darstellung zu rotieren, klicken Sie auf die Darstellung, drücken dann die **Ctrl**-Taste, während Sie gleichzeitig die linke Maustaste drücken und die Maus bewegen. Beachten Sie, dass sich die Spitze der Oberfläche im Zentrum der Beta-Eta-Ebene befindet.

- Nachdem Sie das Hilfsprogramm 3D-Darstellung etwas getestet haben, schließen Sie das Fenster, indem Sie **Datei > Schließen** wählen, oder auf die Schaltfläche **Schließen** in der Symbolleiste klicken.
- Schließen Sie das Folio und speichern die Änderungen im Projekt.
- Schließen Sie das Projekt, indem Sie **Datei > Schließen** wählen und fahren mit dem nächsten Beispiel fort.

4.11 Beispiel 10: Analysieren Sie beschleunigte Testdaten

Ein neues Produkt wurde auf Zuverlässigkeit getestet. Da die erwartete Lebensdauer für das Produkt unter normalen Betriebsbedingungen mehr als 15 000 Std. beträgt, ist das Testen unter diesen Bedingungen zeitlich nicht realisierbar. Aus diesem Grund wurde beschlossen, bei diesem Produkt einen beschleunigten Lebensdauertest durchzuführen. Das Produkt wurde beim beschleunigten Lebensdauertest höheren Temperaturen ausgesetzt, was die normale Betriebstemperatur von 323 K (50°C) übersteigt, um somit Ausfälle zu stimulieren und Lebensdaten innerhalb kürzerer Zeit zu sammeln. Temperatur war währen des Testverfahrens die einzige Beschleunigungsvariable. Die nachstehende Tabelle stellt die Daten dar, die über den Test für drei unterschiedlich beschleunigte Belastungsbedingungen erlang wurden.

Belastungs-Bedingungen, K	**393K**	**408K**	**423K**
Zeiten-bis-zum-Ausfall, Std.	3850	3300	2750
	4340	3720	3100
	4760	4080	3400
	5320	4560	3800
	5740	4920	4100
	6160	5280	4400
	6580	5640	4700
	7140	6120	5100
	7980	6840	5700
	8960	7680	6400

Verfahren Sie wie folgt:

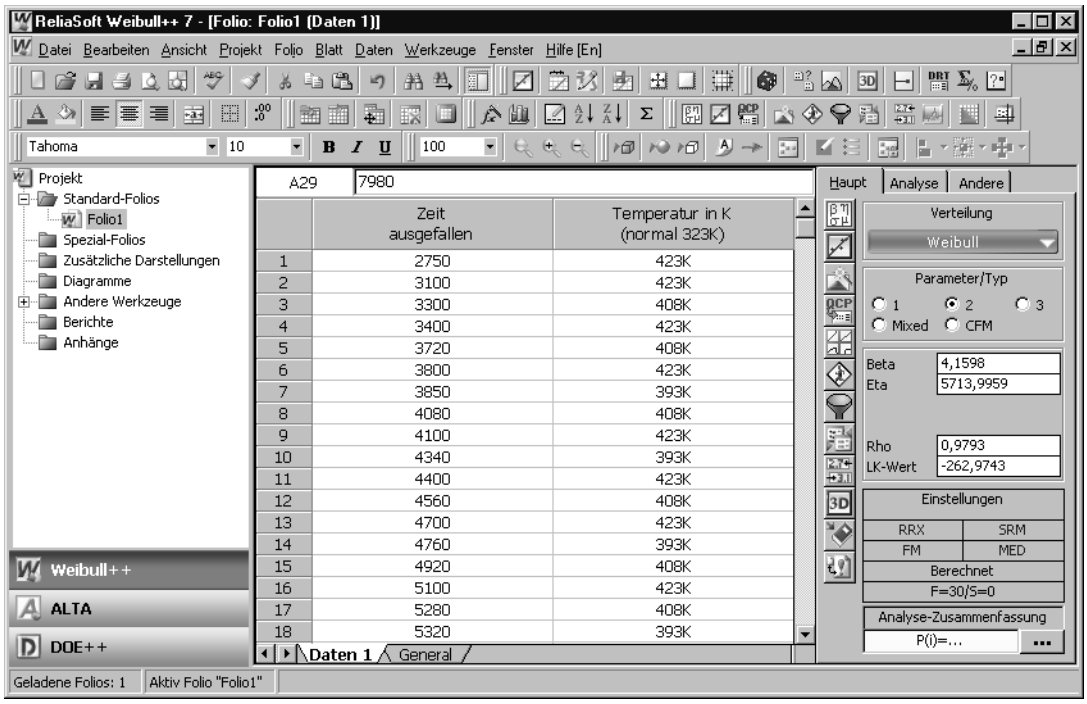
- Bestimmen Sie die Parameter der 2-Parameter Weibull-Verteilung bei jedem Belastungsgrad unter Anwendung der Rangregression nach X (RRX).
- Wie hoch ist die Zuverlässigkeit vom Produkt für eine Missionsdauer von 9.000 Std., wenn die Mission bei $T = 0$ und bei normaler Betriebstemperatur (323K) anfängt?

Die Datei zu diesem Beispiel finden Sie im Ordner "Training Guide" in Ihrem Anwendungsverzeichnis (d.h. C:\Program Files\ReliaSoft\Weibull7\Training Guide) unter "Accelerated Analysis.rwp".

Lösung

- Erstellen Sie ein neues Projekt mit einem neuen Standard-Folio für Zeit-bis-zum-Ausfall-Daten.
- Die Spalte Subsatz-ID wird verwendet, um die Belastungsbedingungen zu identifizieren, unter denen jede Ausfallzeit beobachtet wurde. Um die Spalte umzubenennen, doppelklicken Sie auf die Spalten-Kopfzeile, geben "Temperatur in K (normal ist 323K)" im Fenster 'Überschrift ändern' ein und klicken auf **OK**, um das Datenblatt zu aktualisieren. Ähnlich können Sie alle Spalten- und Zeilenbezeichnungen und Blattregisternamen bearbeiten.

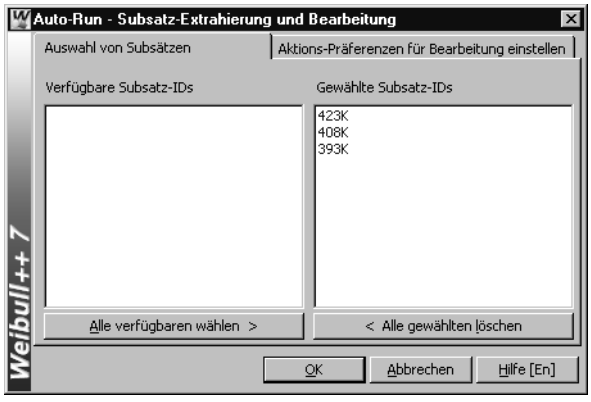
- Geben Sie die Daten ein und berechnen die Parameter mit 2-Parameter Weibull und RRX, wie unterhalb gezeigt (nur mit den im Bild sichtbaren ersten 18 Datenpunkten).



Die Funktion Batch Auto-Run ermöglicht, die Originaldaten in drei verschiedene Datensätze aufzuteilen, basierend auf den unterschiedlichen Betriebstemperaturen. Batch Auto-Run verwendet Subsatz-IDs, um die Daten zu extrahieren.[7]

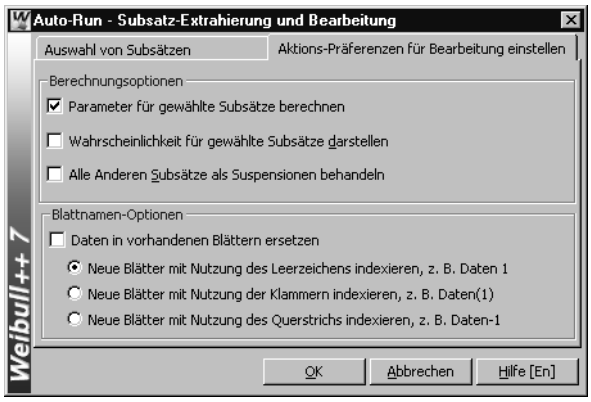
- Öffnen Sie das Fenster AutoRun, indem Sie **Daten > Batch Auto-Run...** wählen oder auf das Icon **Batch Auto-Run** im Kontrollpanel oder in der Symbolleiste für Datenanalyse-Werkzeuge klicken.

- Klicken Sie auf **Alle verfügbaren wählen >,** um die Methode Batch Auto-Run bei allen drei Subsatz-IDs im aktuellen Datensatz anzuwenden. Das Fenster wird wie folgt aussehen:

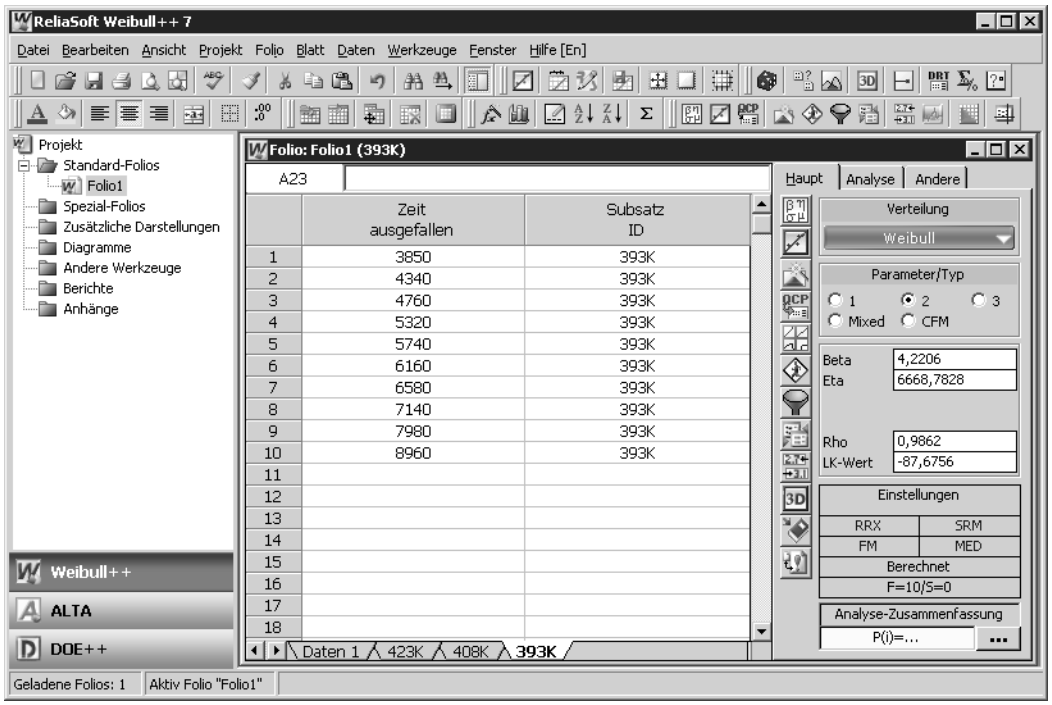


7. Batch Auto-Run wird detailliert im Kapitel 6 des *Weibull++ Benutzerlhandbuches* behandelt.

- Klicken Sie auf die Registerkarte **Aktions-Präferenzen für Bearbeitung einstellen**, um die Berechnungsoptionen und Blattnamen-Optionen eizusehen/einzustellen. Bei diesem Beispiel wird nur die Option **Parameter für gewählte Subsätze berechnen** gewählt, wie unten gezeigt. Das deutet darauf hin, dass die Parameter automatisch für jeden extrahierten Datensatz berechnet werden.


Auto-Run - Subsatz-Extrahierung und Bearbeitung
Auswahl von Subsätzen
Aktions-Präferenzen für Bearbeitung einstellen
Berechnungsoptionen
Parameter für gewählte Subsätze berechnen
Wahrscheinlichkeit für gewählte Subsätze darstellen
Alle Anderen Subsätze als Suspensionen behandeln
Blattnamen-Optionen
Daten in vorhandenen Blättern ersetzen
Neue Blätter mit Nutzung des Leerzeichens indexieren, z. B. Daten 1
Neue Blätter mit Nutzung der Klammern indexieren, z. B. Daten(1)
Neue Blätter mit Nutzung des Querstrichs indexieren, z. B. Daten-1
OK
Abbrechen
Hilfe [En]
Weibull++ 7

- Klicken Sie auf **OK**, um den Prozess Batch Auto-Run zu starten.
- Nachdem die Berechnung abgeschlossen ist, wird das Folio wie folgt aussehen:



Sie werden sehen, dass drei neue Datenblätter, gekennzeichnet als 423K, 408K und 393K, im Folio angezeigt werden. Jedes Datenblatt enthält die Daten, die für die jeweils spezifizierte Subsatz-ID (*d.h.* Belastungsbedingung) extrahiert wurden. Sie können auf jedes Blattregister klicken, um das neue Datenblatt einzusehen. Beachten Sie, dass die Parameter für jeden Belastungsgrad bereits berechnet wurden.

Als nächsten Beispielsschritt werden Sie die Zuverlässigkeit der Einheit für eine Missionsdauer von 9.000 Std. bei einer Betriebstemperatur von 323 K abschätzen.

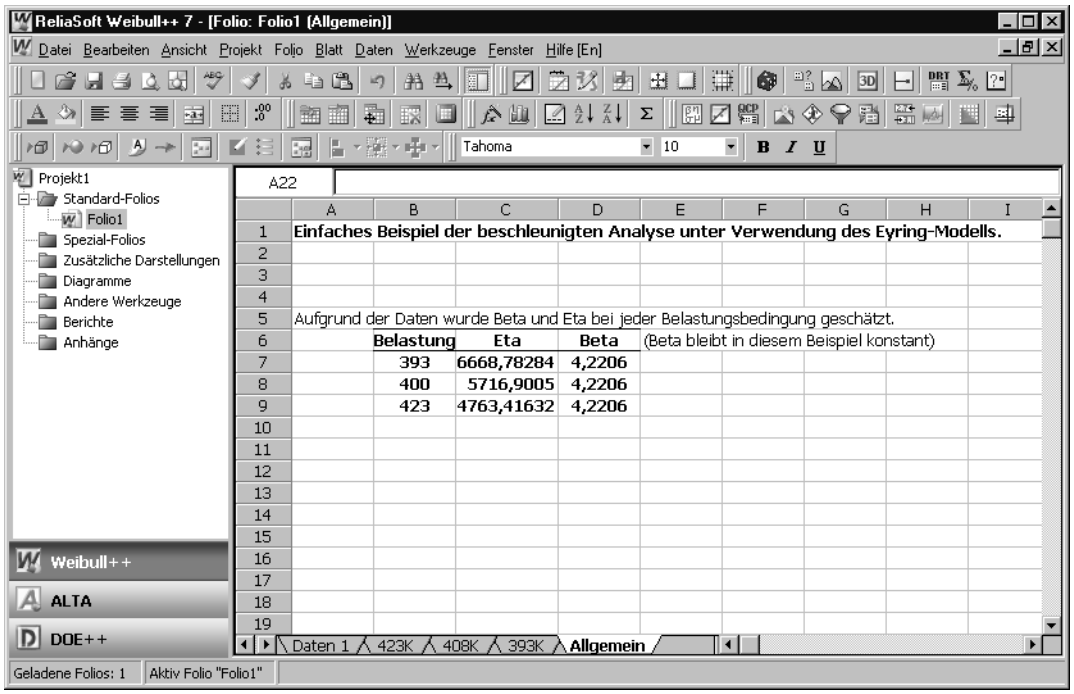
Die Weibull-Zuverlässigkeits-Funktion ist wie folgt gegeben:

$$R(T) = e^{-\left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta}}$$

Um die Zuverlässigkeit bei T Std. zu finden, müssen Sie zuerst den Wert von Eta (η) und Beta (β) bei normaler Betriebstemperatur (323K) definieren.

- Fügen Sie ein allgemeines Rechenblatt ein, indem Sie **Folio > Allgemeines Rechenblatt einfügen** wählen oder auf das Icon klicken.

- Tragen Sie die für jede Belastungsbedingung berechneten Parameter in das Rechenblatt ein. Sie können die Parameter eintippen oder die PARAMETER-Funktion im Funktions-Assistenten benutzen. Wenn Sie den Funktions-Assistenten nutzen, geben Sie **1** für den Param-Index für die Rückgabe von Beta und **2** für den Param-Index für die Rückgabe von Eta ein.
- Mit einigen zusätzlichen Überschriften und Erläuterungen wird das Rechenblatt wie folgt aussehen:



Bitte beachten Sie, dass für dieses Beispiel der Wert von Beta für alle Belastungsbedingungen konstant bleibt. Das unterstützt die Annahme, dass sich das Fehlerratenverhalten des Produktes über die angewandten Belastungsgrade generell nicht verändert. Um den Wert von Eta bei 323K zu determinieren, brauchen Sie ein Beschleunigungsmodell, das die Ausfallzeiten bei beschleunigten Bedingungen auf normale Belastungsbedingungen umsetzt.

Das Eyring-Modell ist ein Relationsmodell von Lebensdauer - Belastung und wird häufig genutzt, wenn Temperatur ein Belastungsfaktor in einer beschleunigten Lebensdaueranalyse darstellt, und dies scheint in

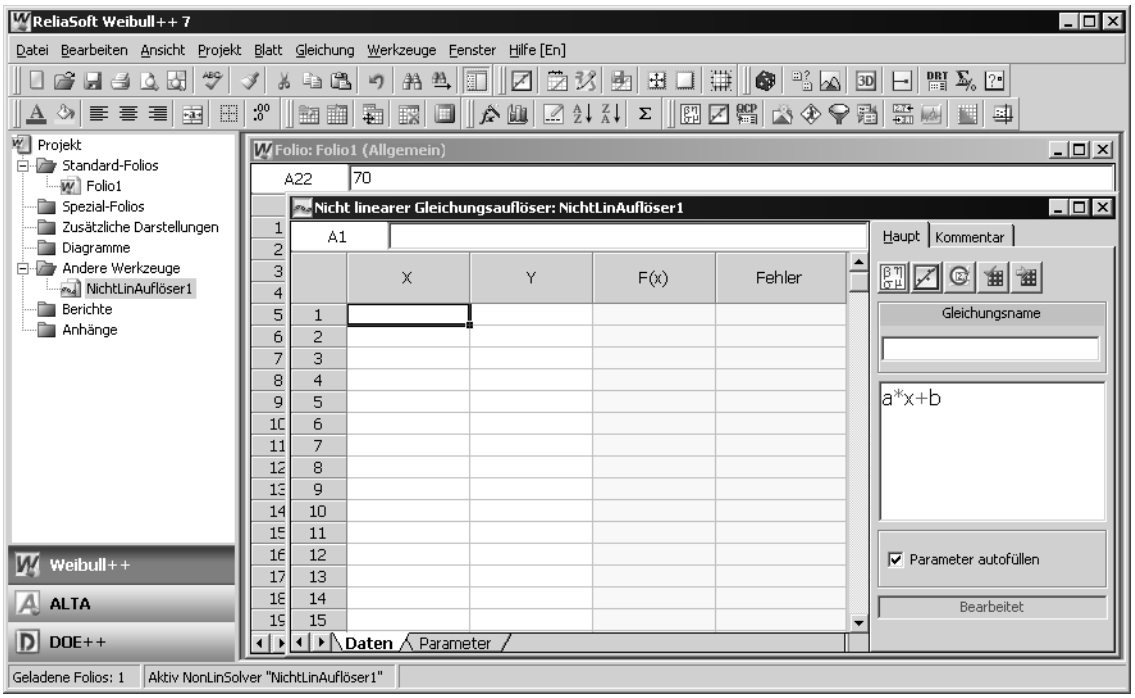
diesem Fall zuzutreffen. Angenommen, Eta (η) ist eine Funktion der Temperatur (X), dann wird die Gleichung für das Eyring-Modell nach folgender Formel berechnet:

$$\eta(X) = \frac{1}{X} \cdot e^{-\left(A - \left(\frac{B}{X}\right)\right)}$$

wobei A und B die festzulegenden Parameter vom Eyring-Modell sind.

Sie können den nicht-linearen Gleichungsauflöser verwenden, um die Parameter des Eyring-Modells aus den Werten von Eta bei den drei unterschliedlichen Belastungsstufen einzuschätzen.[8]

- Heben Sie die Zellen hervor, die Belastungs- und Eta-Werte enthalten. Kopieren Sie die Daten in die Zwischenablage.
- Öffnen Sie den Nicht-linearen Gleichungsauflöser, indem Sie **Projekt > Andere Werkzeuge hinzufügen** >**Gleichungsauflöser hinzufügen** wählen oder indem Sie mit Rechtsklick innerhalb des Projekt-Explorers den Befehl aus dem Menükürzel wählen. Dieses Fenster ist jetzt über den Projekt-Explorer zugänglich und ist zurzeit innerhalb der MDI aktiv, wie unten angezeigt.



- Platzieren Sie den Cursor in der ersten Zelle in der Spalte X und fügen anschließend die Daten ein, die Sie aus dem allgemeinen Rechenblatt kopiert haben. Falls Sie den Funktions-Assistenten verwendet haben, um die Parameter in das allgemeine Rechenblatt einzugeben, wählen Sie **Bearbeiten > Spezielles einfügen** > **Werte einfügen**, da Formeln in den Nicht-linearen Gleichungsauflöser nicht eingefügt werden können.

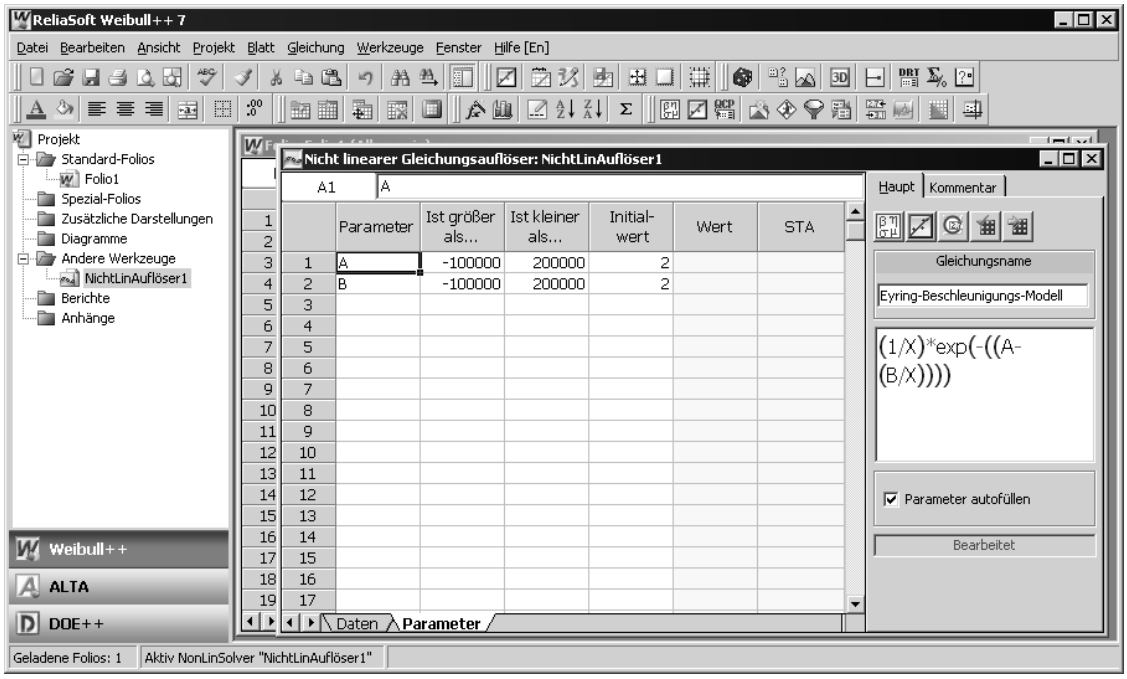
8. Der Nicht-lineare Gleichungsauflöser wird detailliert im Kapitel 17 des *Weibull++ Benutzerhandbuches* behandelt. Beachten Sie, dass diese Ermittlungsmethode der Parameter vom Eyring-Modell akzeptabel ist, da angenommen wird, dass Beta bei jeder Belastungsbedingung konstant bleibt, was auch der Fall für diesen Datensatz ist. Ein realistischeres Szenario wird verschiedene Werte von Beta aufweisen, und die verwendeten Methoden in ALTA und ALTA PRO sind dafür besser geeignet. Besuchen Sie http:// ALTA.ReliaSoft. de, um mehr über ALTA zu erfahren.

- Im Kontrollpanel rechts geben Sie folgende Gleichung für das Eyring-Modell ein:

$$(1/X)*\exp(-((A-(B/X))))$$

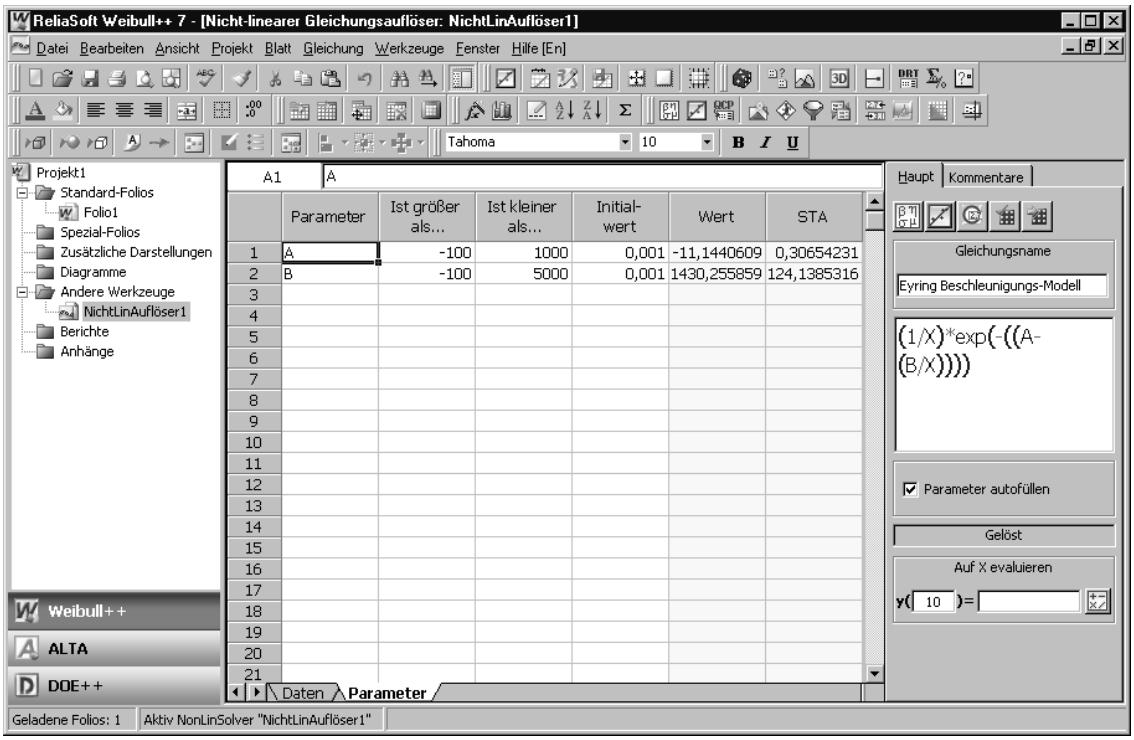
- Geben Sie **Eyring Beschleunigungs-Modell** als Gleichungsname ein und klicken auf das Icon **Zu Vorlagen hinzufügen**, um diese Gleichung in den gespeicherten Gleichungsvorlagen einzufügen, so dass diese für andere Analysen zu einem späteren Zeitpunkt wieder verfügbar ist.

- Klicken Sie auf **OK**, um das eingeblendete Fenster zu schließen, das die Speicherung der Gleichung bestätigt. Das Fenster wird jetzt wie die nachstehende Abbildung aussehen. Beachten Sie, dass der Fokus automatisch auf das Parameter-Blatt ausgerichtet wurde, als Sie die gesuchten Parameter (A und B) in die Gleichung eingegeben haben.



- Anhand Ihrer Kenntnisse für die Nutzung der Eyring-Gleichung geben Sie folgende Werte für Parameter A ein:
  - Ist größer als: **-100**
  - Ist kleiner als: **1000**
  - Initialwert: **0,001**
- Geben Sie folgende Werte für Parameter B ein:
  - Ist größer als: **-100**
  - Ist kleiner als: **5000**
  - Initialwert: **0,001**

- Wählen Sie **Gleichung > Berechnen** oder klicken auf das Icon **Berechnen**. Die Ergebnisse sehen Sie unterhalb.

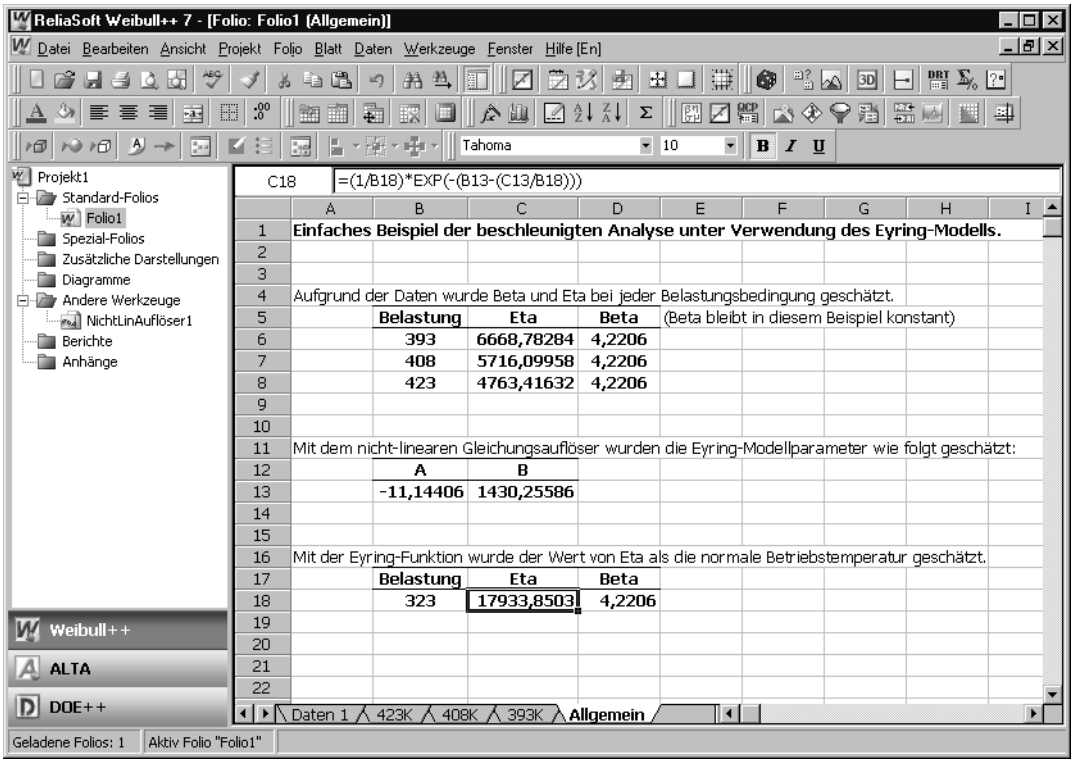


Die geschätzten Werte A und B sind in der “Wert”-Spalte angegeben.Die Standardabweichung für jedes Parameter finden Sie in der “STA”-Spalte.[9]

Mit Nutzung der Parameter-Lösung für das Eyring-Modell können Sie jetzt den Eta-Wert für jede beliebige Temperatur (Belastungsbedingung) berechnen, was in diesem Fall die Betriebstemperatur von 323K betrifft.

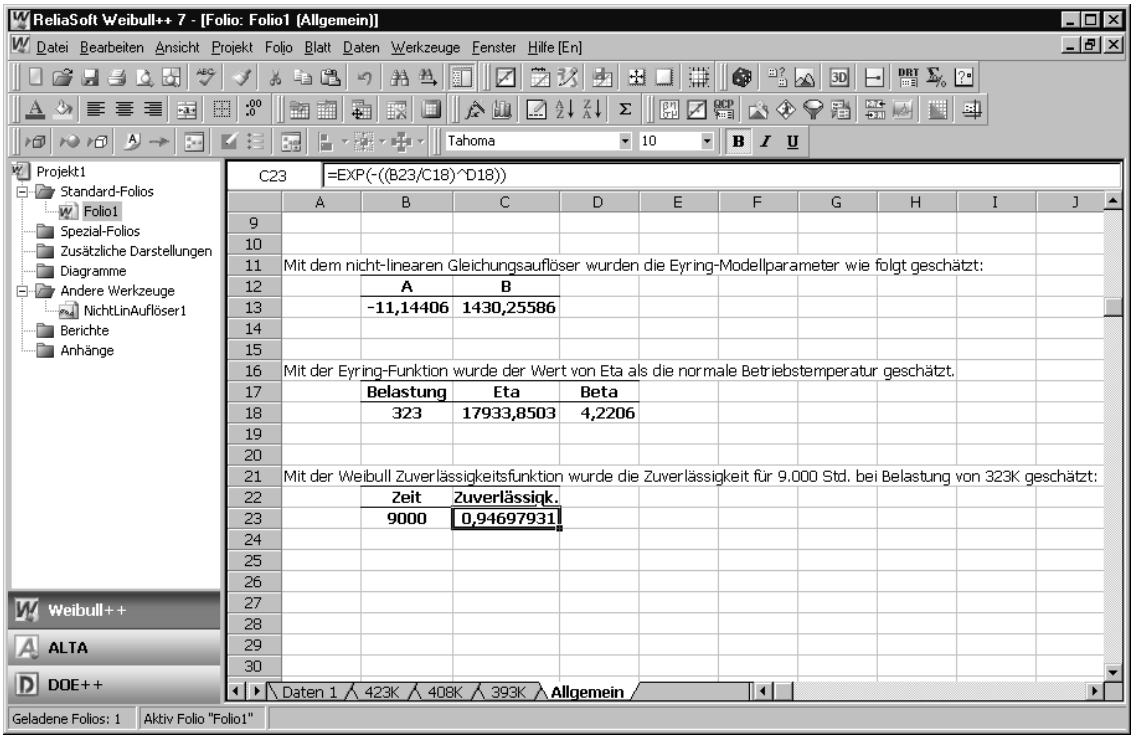
9. Abhängig von der aktuell angezeigten Anzahl von Dezimalstellen und/oder Breite der Zellen im Fenster können die angezeigten Werte auf Ihrem Computer variieren.

- Kopieren Sie die Parameter-Werte des Eyring-Modells und fügen diese in das allgemeine Rechenblatt ein. Dann erfolgt die Berechnung für den Wert von Eta bei 323K durch Nutzung des Eyring-Modells und der definierten Parameter A und B. Sie können zum Beispiel in Zelle C18 in der unten gezeigten Tabelle die folgende Formel eingeben: =(1/B18)*exp(B13-(C13/B13))). Stellen Sie sicher, dass die Formel für die aktuelle Auslegung Ihres allgemeinen Rechenblatts gültig ist.



Bei einer Belastungsbedingung von 323K wird der Wert von Eta auf ca. 17933,85 geschätzt.

- Abschließend nutzen Sie die Weibull-Zuverlässigkeitsfunktion im allgemeinen Rechenblatt, um die Produktzuverlässigkeit bei 323K für 9.000 Betriebsstunden abzuschätzen. Sie können zum Beispiel in Zelle C23 in der unten gezeigten Tabelle die folgende Formel eingeben: =exp(-((B23/C18)^C18)). Stellen Sie erneut sicher, dass die Formel für die aktuelle Auslegung Ihres allgemeinen Rechenblatts gültig ist.



Für eine Missionsdauer von 9.000 Std. mit einer Betriebstemperatur von 323K wird die Produktzuverlässigkeit auf 94.70% geschätzt.

- Speichern Sie das Projekt unter “Accelerated Analysis.rso7”, schließen dann das Projekt und fahren mit dem nächsten Beispiel fort.

4.12 Beispiel 11: Degradations-Datenanalyse

Fünf Turbinenschaufeln wurden auf Risswachstum getestet. Die Testeinheiten wurden zyklisch belastet und alle 100 000 Zyklen auf Risslängen inspiziert. Die Definition für Ausfall lautet: ein Riss von 30mm Länge oder länger. Unterhalb sehen Sie eine Tabelle mit den Testergebnissen:

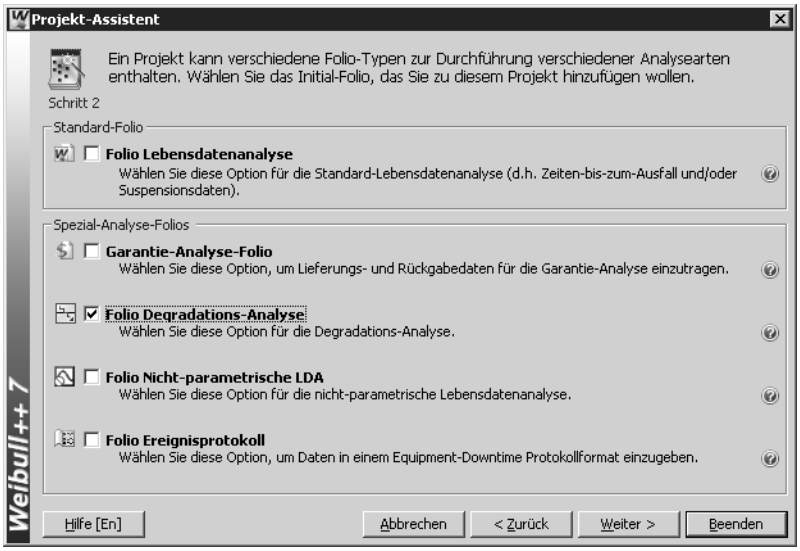
Zyklen (x1000)	Einheit A	Einheit B	Einheit C	Einheit D	Einheit E
100	15mm	10mm	17mm	12mm	10mm
200	20mm	15mm	25mm	16mm	15mm
300	22mm	20mm	26mm	17mm	20mm
400	26mm	25mm	27mm	20mm	26mm
500	29mm	30mm	33mm	26mm	33mm

Unter Verwendung des Weibull++ Moduls Degradations-Analyse und des Quick Calculation Pads bestimmen Sie die B10-Lebensdauer für die Schaufeln mittelsder Degradations-Analyse mit einem Exponential-Modell für die Extrapolation.

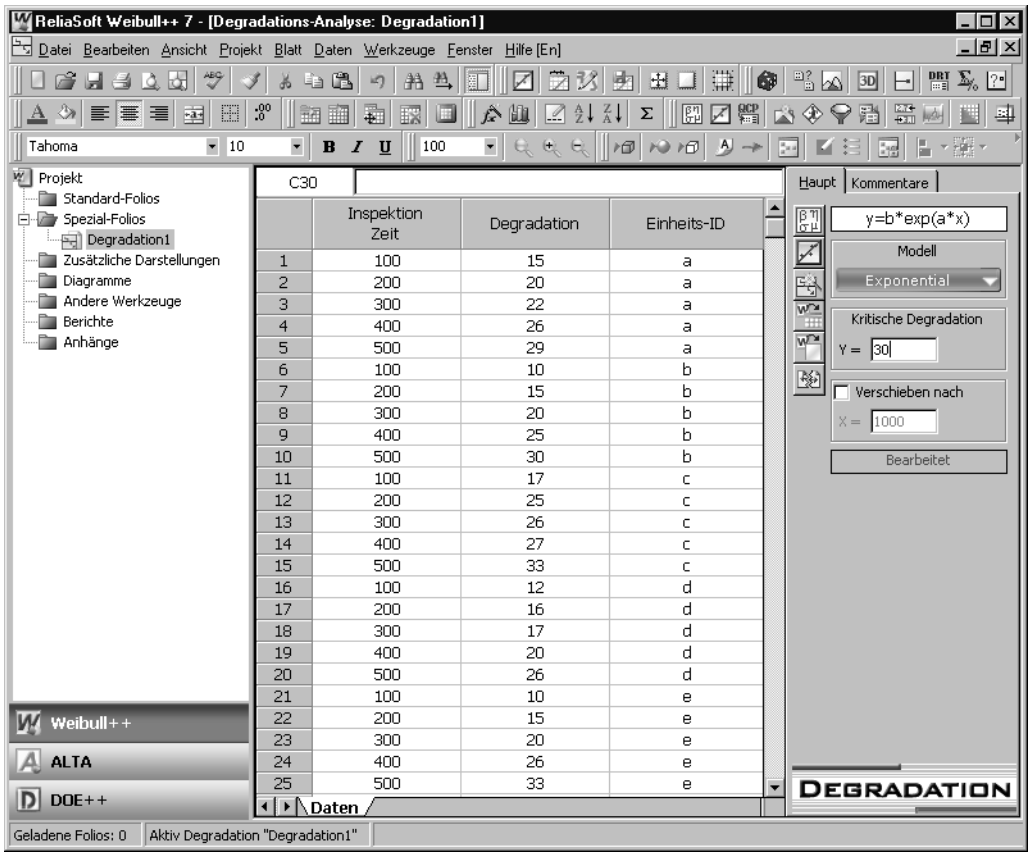
Die Datei zu diesem Beispiel finden Sie im Ordner "Training Guide" in Ihrem Anwendungsverzeichnis (d.h. C:\Program Files\ReliaSoft\Weibull7\Training Guide) unter "Degradation Analysis.rwp".

Lösung

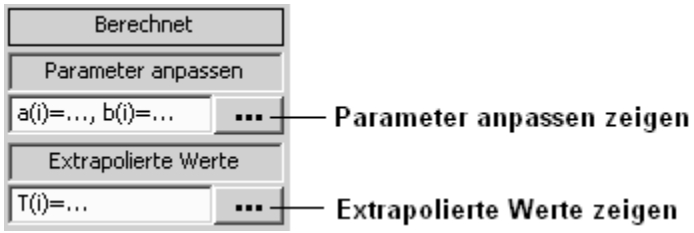
- Erstellen Sie ein neues Projekt. Im zweiten Dialogfenster des Projekt-Assistenten wählen Sie **Folio Degradations-Analyse**, wie unterhalb gezeigt und klicken auf **Beenden**. Dies fügt ein Folio zum neuen Projekt hinzu, das speziell für die Degradations-Analyse konzipiert wurde.


Projekt-Assistent
Ein Projekt kann verschiedene Folio-Typen zur Durchführung verschiedener Analysearten enthalten. Wählen Sie das Initial-Folio, das Sie zu diesem Projekt hinzufügen wollen.
Schritt 2
Standard-Folio
Folio Lebensdatenanalyse
Wählen Sie diese Option für die Standard-Lebensdatenanalyse (d.h. Zeiten-bis-zum-Ausfall und/oder Suspensionsdaten).
Spezial-Analyse-Folios
Garantie-Analyse-Folio
Wählen Sie diese Option, um Lieferungs- und Rückgabedaten für die Garantie-Analyse einzutragen.
Folio Degradations-Analyse
Wählen Sie diese Option für die Degradations-Analyse.
Folio Nicht-parametrische LDA
Wählen Sie diese Option für die nicht-parametrische Lebensdatenanalyse.
Folio Ereignisprotokoll
Wählen Sie diese Option, um Daten in einem Equipment-Downtime Protokollformat einzugeben.
Weibull++ 7
Hilfe [En]
Abbrechen
< Zurück
Weiter >
Beenden

- Geben Sie die Daten ein, wählen **Exponential** als Modell und geben **30** für Kritische Degradation ein, wie unterhalb gezeigt. Es gibt keine Suspensionszeit für dieses Beispiel.



- Wenden Sie dieses Modell bei dem Datensatz an, indem Sie **Daten > Berechnen** wählen oder auf das Icon **Berechnen** klicken.
- Um die berechneten Parameter einzublenden, klicken Sie im Kontrollpanel auf die Schaltfläche **Parameter anpassen zeigen**. Um die extrapolierten Ausfallzeiten einzublenden, klicken Sie auf die Schaltfläche **Extrapolierte Werte zeigen**.



Die Parameter-Ergebnisse sehen Sie unterhalb.

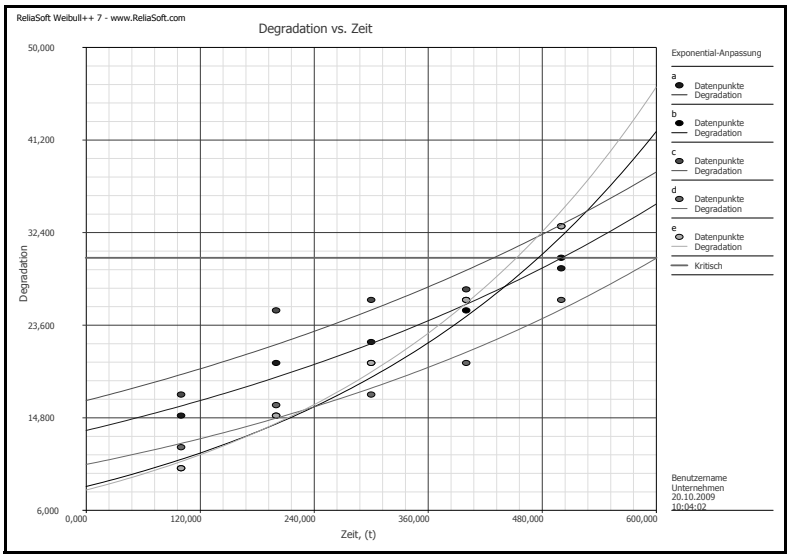
Ergebnispanel

Schließen

A21

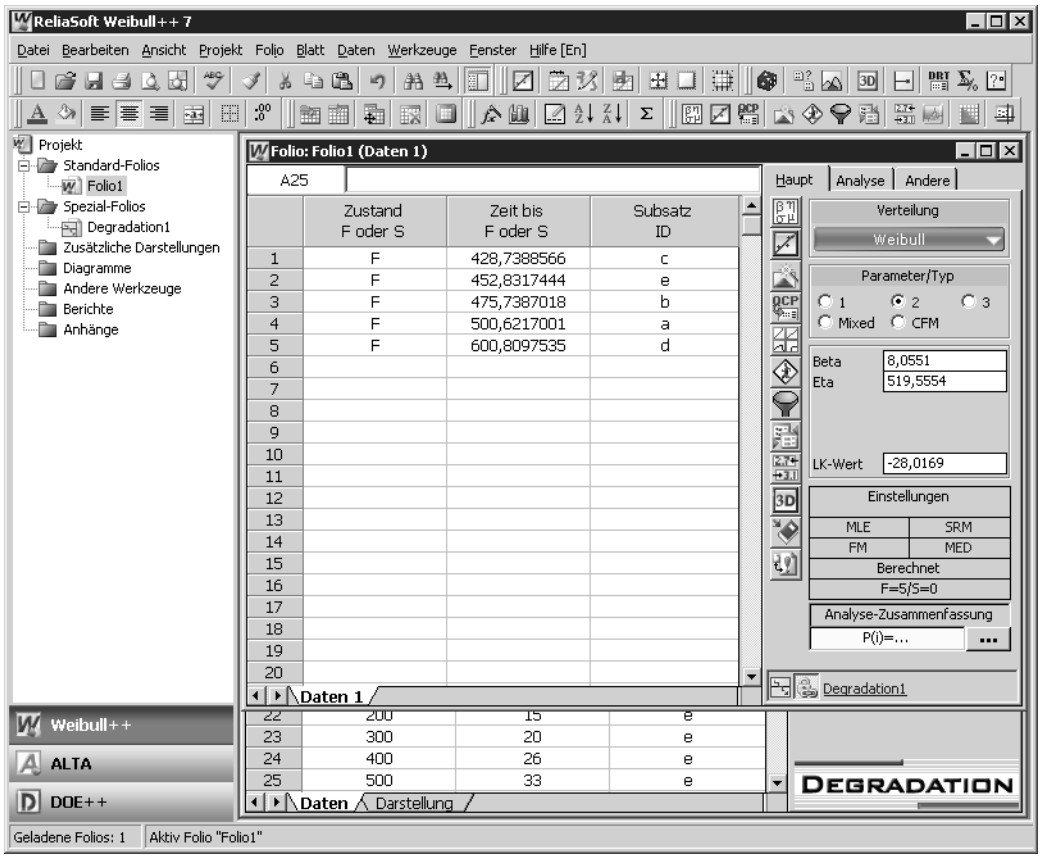
	A	B	C	D	E
1	Datum:	10-20-2009			
2	Benutzer:	Benutzername			
3	Unternehm	Unternehmen			
4					
5	Einheits-ID	Parameter a	Parameter b		
6	a	1,58E-03	13,59615188		
7	b	2,71E-03	8,271973337		
8	c	1,40E-03	16,43545981		
9	d	1,77E-03	10,36101813		
10	e	2,94E-03	7,931379271		
11					
12					
13					

- Klicken Sie auf **Schließen**, um das Ergebnispanel-Fenster zu schließen.
- Stellen Sie die Ergebnisse in einem neuen Blatt dar, indem Sie **Daten > Darstellung** wählen oder auf das Icon **Darstellung** klicken. Wenn Sie alle gewählten Einheiten einblenden, wird die grafische Darstellung wie folgt aussehen.



- Um die extrapolierten Ausfallzeiten in ein Standard-Folio zu übertragen, kehren Sie zum Datenblatt zurück und wählen **Daten > Lebensdauerdaten in neues Folio übertragen** oder klicken auf das Icon.

- Doppelklicken Sie auf **Folio1** im Projekt-Explorer, um das neue Standard-Folio zu öffnen, in welches die Ausfall- und Suspensionszeiten übertragen wurden. Wählen Sie 2-Parameter Weibull-Verteilung mit MLE und berechnen die Parameter. Die geschätzten Parameter für diesen Datensatz sind Beta = 8,0551 und Eta = 519,5554, wie hier angezeigt.



Beachten Sie, dass das Spezial-Folio, das Sie für die Durchführung der Degradations-Analyse erstellt haben, jetzt mit dem Standard-Folio verknüpft ist, in das Sie die Lebensdauerdaten übertragen haben. Sie können das Link unten im Kontrollpanel anklicken, um das verknüpfte Folio Degradations-Analyse zu öffnen. Zusätzlich, wenn Sie die Degradations-Analyse ändern und neu berechnen, wird das verknüpfte Standard-Folio automatisch aktualisiert.

- Öffnen Sie das Quick Calculation Pad, wählen **BX-Information** und geben **10** als Prozentsatz ein. Klicken Sie auf **Berechnen**. Die Ergebnisse sehen Sie unterhalb.

Mit Nutzung des Hilfsprogramms Degradations-Analyse und des QCPs wurde die B10-Lebensdauer berechnet, die 392,918 Zyklen beträgt.

- Schließen Sie das QCP.
- Speichern Sie das Projekt unter "Degradation Analysis.rso7", schließen dann das Projekt und fahren mit dem nächsten Beispiel fort.

4.13 Beispiel 12: Garantie-Datenanalyse

Ein Unternehmen überwacht seine Lieferungen und Garantie-Rückgaben auf monatlicher Basis. Unterhalb finden Sie eine Tabelle der Lieferungen für Juni, Juli und August sowie die Garantie-Retouren einschließlich September:

		Rückgaben		
Monate	**Lieferungen**	**Juli**	**Aug.**	**Sept.**
Juni	100	3	3	5
Juli	140	-	2	4
Aug.	150	-	-	4

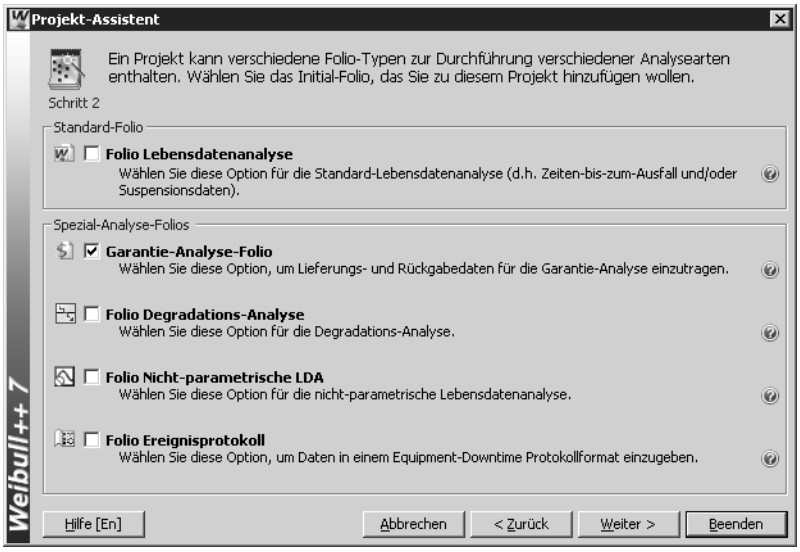
Verfahren Sie wie folgt:

- Mit Nutzung des Weibull++ Moduls Garantie-Analyse wandeln Sie diese Information in Lebensdauerdaten um und bestimmen die Parameter für eine 2-Parameter Weibull-Verteilung.
- Prognostizieren Sie die Anzahl der Produkte aus jeder dieser drei Lieferungsperioden, die unter Garantie im Oktober zurückgegeben werden.

Die Datei zu diesem Beispiel finden Sie im Ordner "Training Guide" in Ihrem Anwendungsverzeichnis (d.h. C:\Program Files\ReliaSoft\Weibull7\Training Guide) unter "Warranty Analysis.rwp".

Lösung

- Erstellen Sie ein neues Projekt. Im zweiten Dialogfenster des Projekt-Assistenten wählen Sie das **Garantie-Analyse-Folie**, wie unterhalb gezeigt.


Projekt-Assistent
Ein Projekt kann verschiedene Folio-Typen zur Durchführung verschiedener Analysearten enthalten. Wählen Sie das Initial-Folio, das Sie zu diesem Projekt hinzufügen wollen.
Schritt 2
Standard-Folio
Folio Lebensdatenanalyse
Wählen Sie diese Option für die Standard-Lebensdatenanalyse (d.h. Zeiten-bis-zum-Ausfall und/oder Suspensionsdaten).
Spezial-Analyse-Folios
Garantie-Analyse-Folio
Wählen Sie diese Option, um Lieferungs- und Rückgabedaten für die Garantie-Analyse einzutragen.
Folio Degradations-Analyse
Wählen Sie diese Option für die Degradations-Analyse.
Folio Nicht-parametrische LDA
Wählen Sie diese Option für die nicht-parametrische Lebensdatenanalyse.
Folio Ereignisprotokoll
Wählen Sie diese Option, um Daten in einem Equipment-Downtime Protokollformat einzugeben.
Weibull++ 7
Hilfe [En]
Abbrechen
< Zurück
Weiter >
Beenden

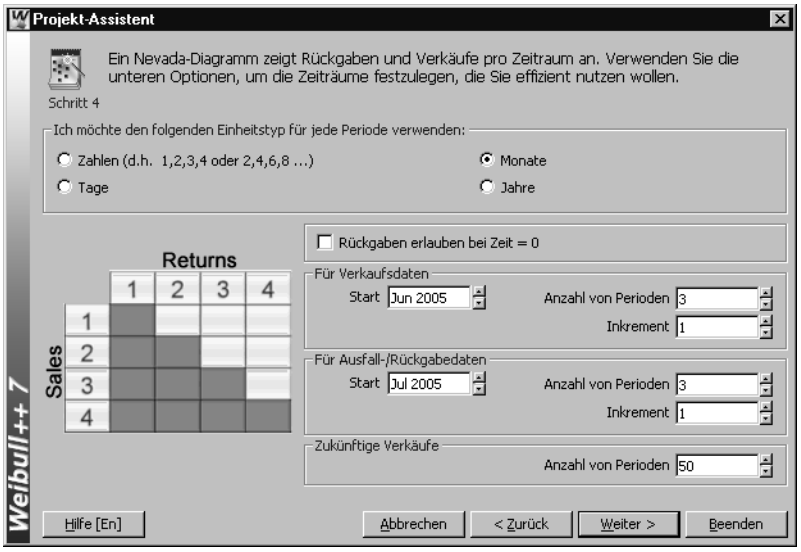
- Klicken Sie auf **Weiter>**. Wählen Sie **Ich möchte Daten im "Nevada"-Format eingeben**, wie unterhalb gezeigt, und klicken auf **Weiter>**.

Projekt-Assistent
Legen Sie das Datenformat fest, das Sie für die Garantie-Analyse verwenden möchten.
Schritt 3
Folio Garantie-Analyse Datentyp
Ich möchte Daten im "Nevada"-Format eingeben
Wählen Sie diese Option, um das klassische Nevada-Diagramm-Format zu verwenden (d.h. Datenbündelung nach Einheiten, die pro Zeitraum geliefert wurden sowie Rückgaben pro Zeitraum).
Ich möchte Daten im Zeiten-bis-zum-Ausfall Format eingeben
Wählen Sie diese Option, falls Sie Zeiten-bis-zum-Ausfall für zurückgegebene Einheiten haben. Dies ist dem Format der "Lebensdauerdaten-Analyse" ähnlich.
Ich möchte Daten im Ausfalldaten-Format eingeben
Wählen Sie diese Option, falls Sie die exakten Daten der Herstellung/Lieferung und Garantierückgaben eintragen möchten.
Ich möchte Daten im Verwendungsformat eingeben
Wählen Sie diese Option, falls Sie exakte Daten der Herstellung/Lieferung und die Verwendung der Garantierückgaben eintragen möchten.
Weibull++ 7
Hilfe [En]
Abbrechen
< Zurück
Weiter >
Beenden

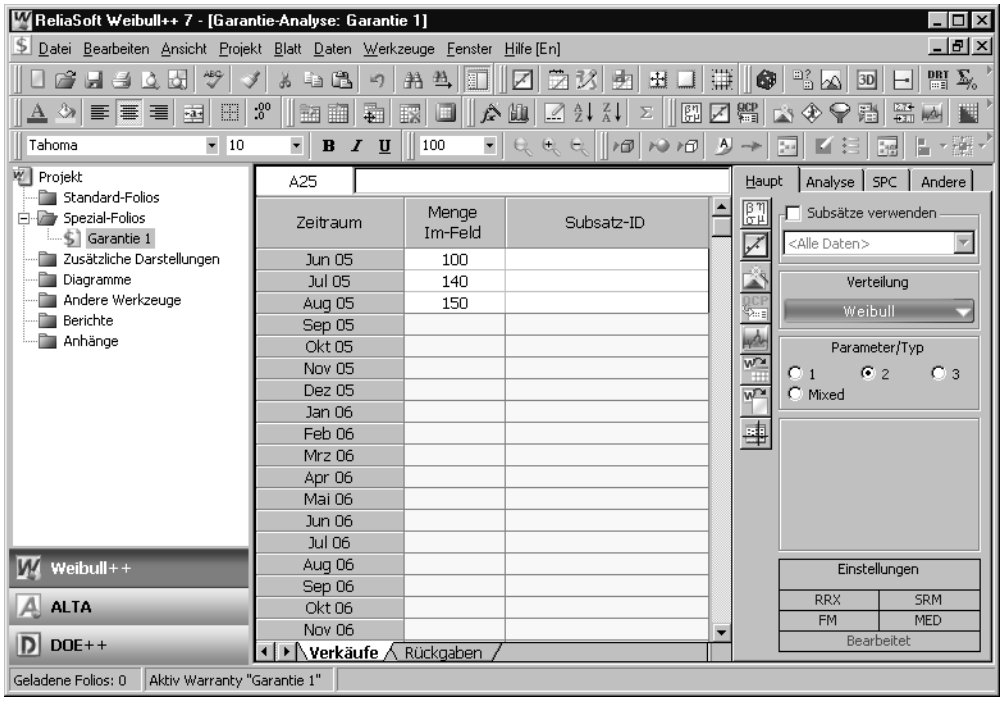
- Im nächsten Schritt:
  - Wählen Sie **Monate** als Einheitstyp.
  - Wählen Sie **Rückgaben erlauben bei Zeit = 0**.
  - Geben Sie **Juni 2005** als den ersten Monat der Verkaufsdaten ein und wählen **3** Zeiträume mit dem Inkrementwert **1**.

- Geben Sie **Juli 2005** als den ersten Monat der Rückgabedaten ein und wählen **3** Zeiträume mit dem Inkrementwert **1**.

Das Fenster wird der nachstehenden Abbildung entsprechen.

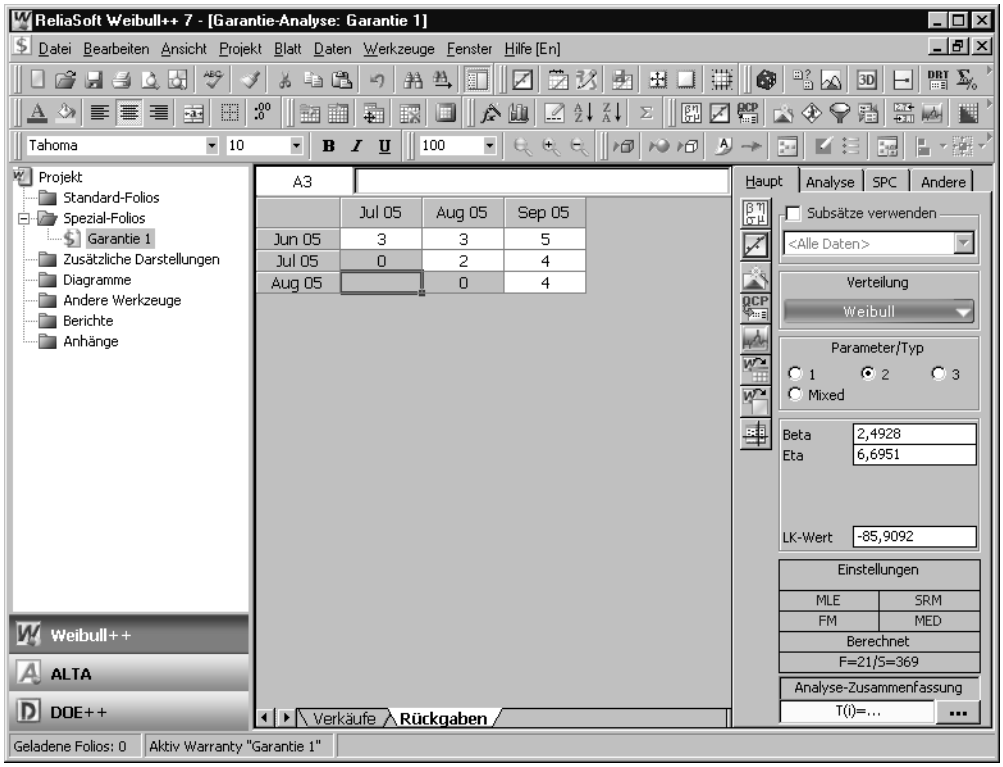


- Klicken Sie auf **Beenden**, um das Folio Garantie-Analyse zu erstellen.
- Geben Sie die Lieferungsdaten in der Spalte **Menge Im-Feld** im Verkaufsblatt ein, wie unterhalb gezeigt.



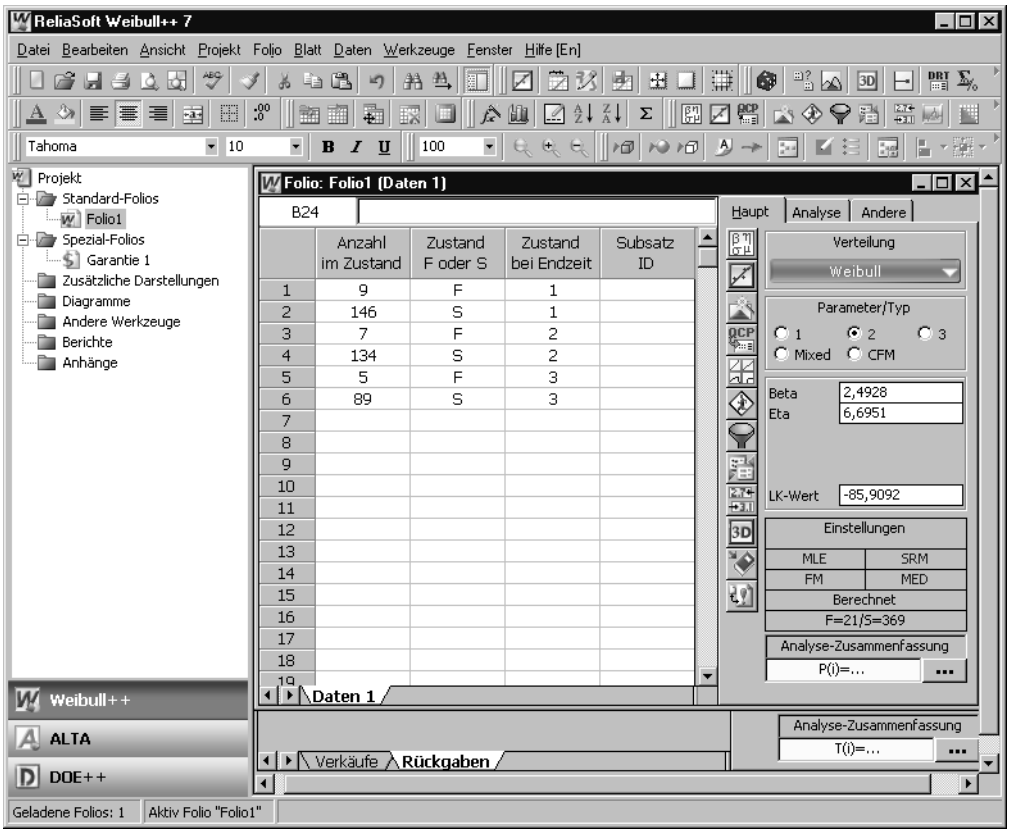
- Tragen Sie die Rückgabedaten im Rückgabeblatt ein (wobei Zeile den Lieferungsmonat repräsentiert und Spalte den Rückgabemonat).

- Wählen Sie die 2-Parameter-Verteilung mit MLE und berechnen die Parameter. Das Fenster wird wie folgt aussehen.



- Um die Lebensdauerdaten in ein Standard-Folio zu übertragen, wählen Sie **Daten > Lebensdauerdaten in neues Folio übertragen** oder klicken auf das Icon.

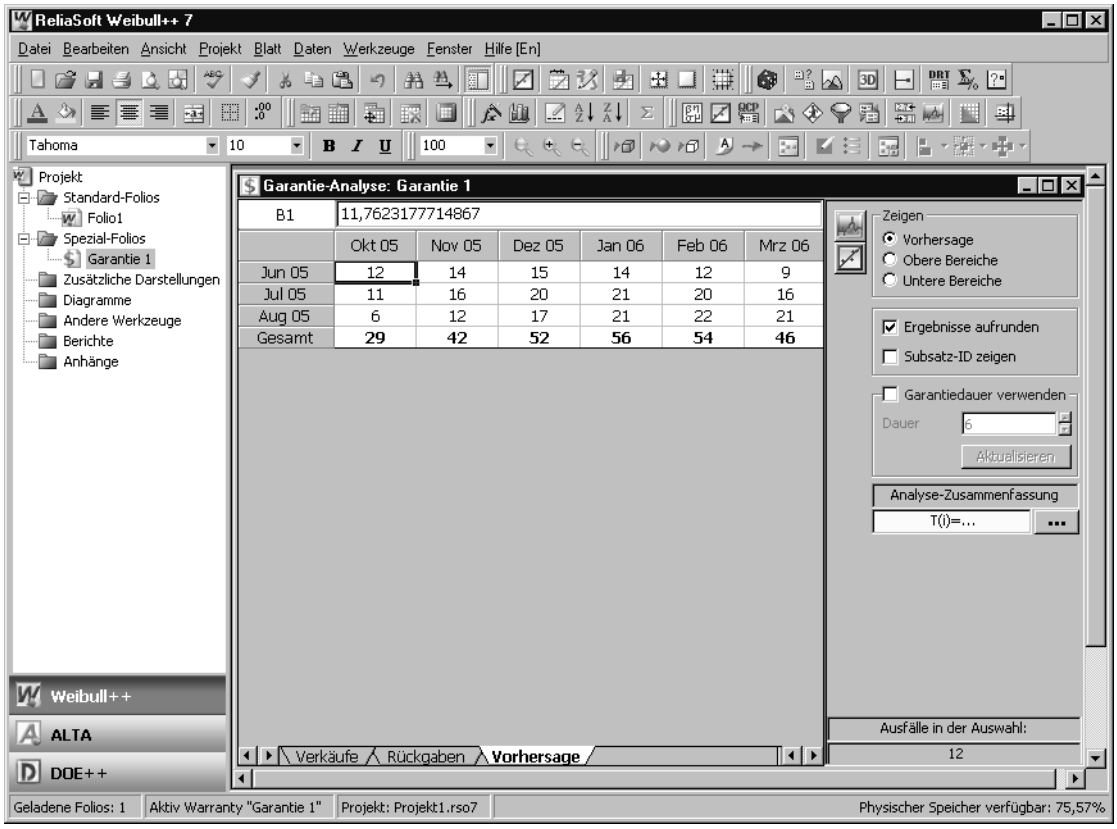
- Doppelklicken Sie auf **Folio1** im Projekt-Explorer, um das neue Standard-Folio zu öffnen, in das die Ausfall- und Suspensionszeiten übertragen wurden. Die geschätzten Parameter für diesen Datensatz sind Beta = 2,4928 und Eta = 6,6951, wie unterhalb gezeigt.



- Kehren Sie zum Folio Garantie-Analyse zurück und wählen **Daten > Vorhersage generieren** oder klicken auf das Icon.

- Akzeptieren Sie die Vorgabewerte im Fenster Vorhersage-Einstellungen, wie unterhalb gezeigt, und klicken auf **OK**.

Ein neues Blatt “Vorhersage” wird zum Folio hinzugefügt, welches die Anzahl der Ausfälle anzeigt, die von jeder Lieferung in den kommenden Monaten erwartet werden können. Die nachfolgende Abbildung demonstriert, dass die prognostizierte Anzahl der Produkte, die im Oktober zurückgegeben werden, 12 aus der Juni-Lieferung beträgt, 11 aus der Juli-Lieferung und 6 aus der August-Lieferung, was insgesamt 29 zurückgegebene Einheiten ausmacht.



- Speichern Sie das Projekt unter “Warranty Analysis.rso7”, schließen das Projekt dann und fahren mit dem nächsten Beispiel fort.

4.14 Beispiel 13: CFM-Analyse (Konkurrierende Ausfallmodi)

Dieses Beispiel wurde dem Beispiel 15.6 aus dem Handbuch Meeker und Escobar *Statistical Methods for Reliability Data* entnommen, herausgegeben von John Wiley and Sons.

Eine elektrische Komponente hat zwei Ausfallmodi. Ein Ausfallmodus tritt bedingt durch Spannungssteigerungen auf, die einen Ausfall durch Systemüberlastung verursachen. Dieser Ausfall wird in der Tabelle mit einem V gekennzeichnet. Der andere Ausfallmodus tritt infolge von Verschleiß auf und gewöhnlich nur dann, wenn das System bereits viele Zyklen durchlaufen hat. Dieser Ausfallmodus wird in der Tabelle mit einem W gekennzeichnet.

Die folgende Tabelle zeigt Zeit-bis-zum-Ausfall-Daten für jeden Modus, zusammen mit den Suspensionsdaten.

Anzahl im Zustand	Ausfall-zeit*	Ausfall-modus
1	2	V
1	10	V
1	13	V
2	23	V
1	28	V
1	30	V
1	65	V
1	80	V
1	88	V
1	106	V
1	143	V

Anzahl im Zustand	Ausfall-zeit*	Ausfall-modus
1	147	W
1	173	V
1	181	W
1	212	W
1	245	W
1	247	V
1	261	V
1	266	W
1	275	W
1	293	W
8	300	suspendiert

*Ausfallzeiten werden in Tausenden von Zyklen angegeben.

Verfahren Sie wie folgt:

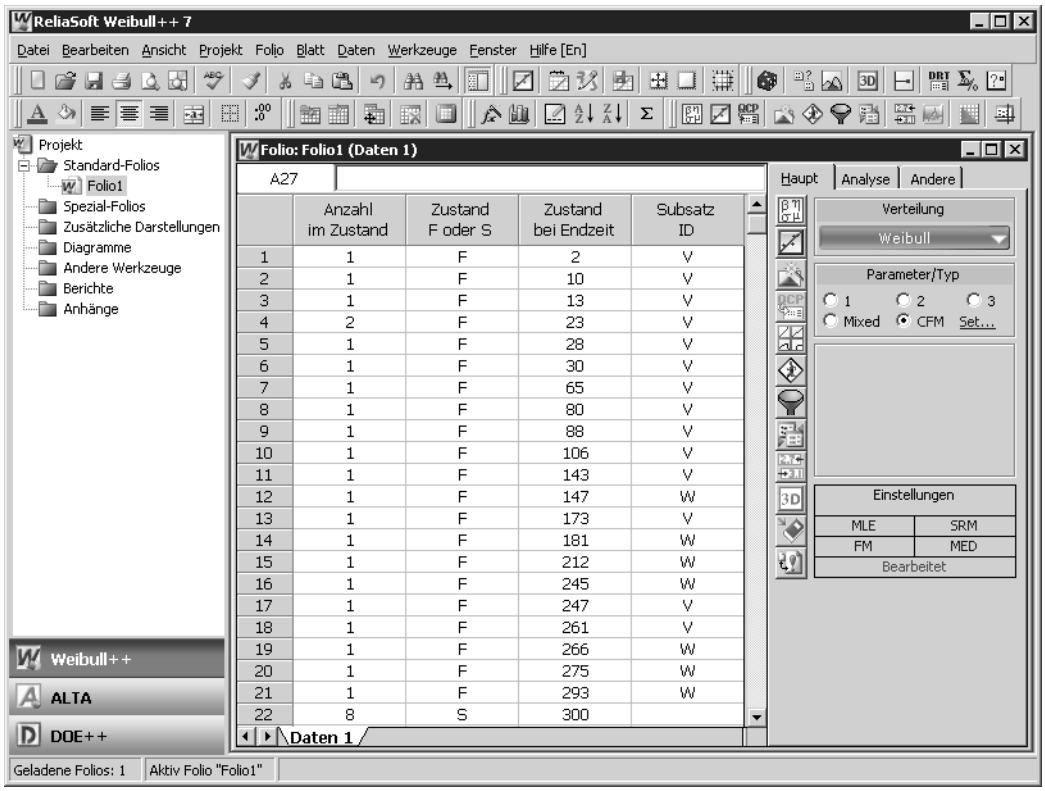
- Bestimmen Sie die Gesamt-Zuverlässigkeit für die Komponente bei 100 000 Zyklen.
- Stellen Sie die konkurrierenden Ausfallmodi (CFM) dar.

Die Datei zu diesem Beispiel finden Sie im Ordner "Training Guide" in Ihrem Anwendungsverzeichnis (d.h. C:\Program Files\ReliaSoft\Weibull7\Training Guide) unter "Competing Failure Modes.rwp".

Lösung

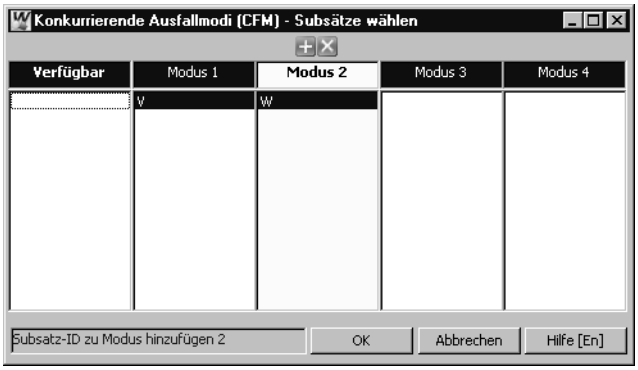
- Erstellen Sie ein neues Projekt mit einem Standard-Folio für Zeiten-bis-zum-Ausfall-Daten mit Suspensionen und gruppierten Daten.

- Verwenden Sie die Spalte Subsatz-ID, um den Ausfall-Modus zu identifizieren, und geben die Daten in das Folio ein. Wählen Sie Weibull-Verteilung mit Konkurrierenden Ausfallmodi (CFM) und MLE, wie unten gezeigt.

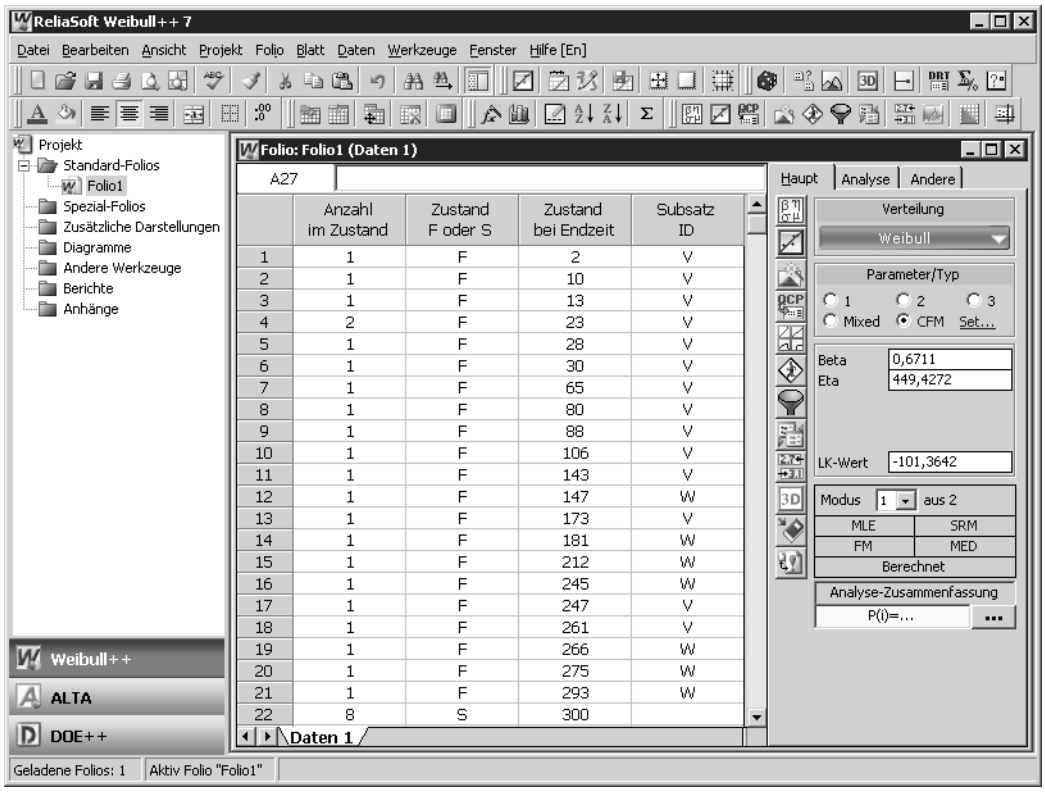


Wenn die Option Konkurrierende Ausfallmodi (CFM) gewählt ist und Sie auf Berechnen klicken, wird das Fenster "Konkurrierende Ausfallmodi (CFM) - Subsätze wählen" erscheinen. Dies ermöglicht, die konkurrierenden Ausfallmodi (CFMs) basierend auf Subsatz-ID zu identifizieren. Sie können dieses Fenster auch öffnen, indem Sie das Link **Einstellen / Set...** rechts von der Option Konkurrierende Ausfallmodi (CFM) klicken.

- Platzieren Sie den Ausfallmodus V in der Spalte Modus 1 und den Ausfallmodus W in der Spalte Modus 2, wie nachstehend angezeigt. Hierzu klicken Sie eine Subsatz-ID (Modus) im Panel Verfügbar und wählen ein Modus-Panel, um dort die Subsatz-ID zu platzieren. Klicken Sie auf (+), um die gewählte Subsatz-ID zum Modus-Panel hinzuzufügen. Klicken Sie auf (**X**), um die gewählte Subsatz-ID aus dem Modus-Panel zu entfernen. Sie können auch eine Subsatz-ID doppelklicken oder die Drag-and-Drop-Technik anwenden, um eine Subsatz-ID zum Panel hinzuzufügen oder zu entfernen.



- Klicken Sie auf **OK**, um das Fenster zu schließen und die Parameter für beide Modi zu berechnen. Die Ergebnisse, die im Kontrollpanel eingeblendet werden, entsprechen dem aktuell gewählten Modus im Menü über dem Bereich Einstellungen (Modus__aus__). Die untere Abbildung zeigt die Parameter für Ausfallmodus 1, oder den Ausfallmodus V.

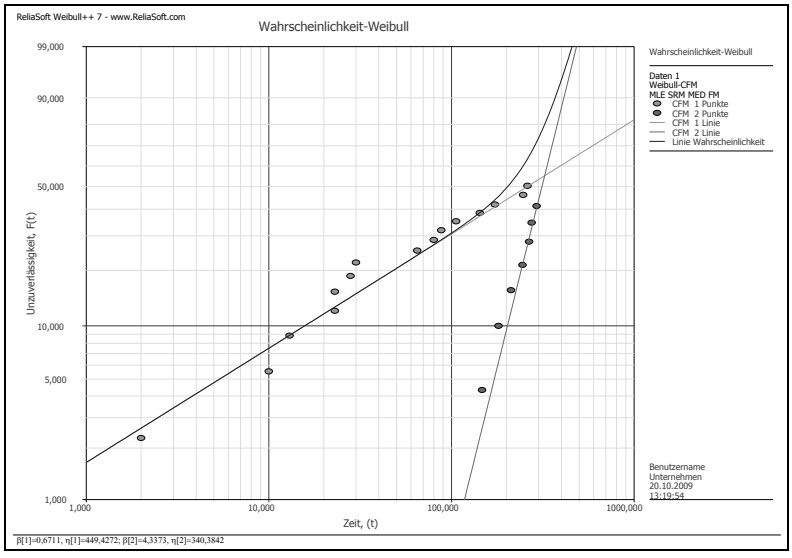


- Die geschätzten Parameter für Ausfallmodus 1 (zufällige Fehlfunktionen der Spannungsspitzen) sind Beta = 0,6711 und Eta = 449,4272. Die geschätzten Parameter für Ausfallmodus 2 (Verschleiß) sind Beta = 4,3373 und Eta = 340,3842.

- Öffnen Sie das Quick Calculation Pad und bestimmen die Gesamt-Zuverlässigkeit des Systems bei 100.000 Zyklen, wie unterhalb gezeigt.

Unter Verwendung der Konkurrierenden Ausfallmodi (CFM) und des QCPs wird die Gesamt-Zuverlässigkeit für die Komponente bei 100.000 Zyklen auf 69,1% geschätzt.

- Schließen Sie das QCP.
- Generieren Sie das Weibull-Wahrscheinlichkeitsnetz für diese Analyse, wie unten gezeigt, mit hinzugefügten Beschriftungen (via RS-Draw), um die Linien für jeden einzelnen Ausfallmodus und die verknüpfte Analyse zu kennzeichnen.



- Speichern Sie das Projekt unter “Competing Failure Modes.rso7”, schließen dann das Projekt und fahren mit dem nächsten Beispiel fort.

4.15 Beispiel 14: Weibull-Bayesian-Analyse

Ein Produkt wurde überarbeitet und Tabelle I liefert den Datensatz nach 50.000 Testzyklen.

Tabelle 1: Datensatz für geändertes Design (in tausend Zyklen)

Zeit	F/S
24	F
34	F
50	F
50	S
50	S
50	S

Nachdem das Ausfallverhalten vom neuen Design ähnlich dem Original-Design sein wird, liefert Tabelle II den Datensatz vom Original-Design für Zyklen-bis-zum-Ausfall.

Tabelle 2: Datensatz für Original-Design (in tausend Zyklen)

11,1	66,1	79,6	106,8
43,9	67,3	93,8	109,9
56,4	73,8	93,9	110,8
59,5	74,6	99,6	119,6
60,8	75,9	104,3	160

Das Ziel der Analyse ist die Zielzuverlässigkeit von 95% bei 10.000 Zyklen bei einem 90%igen unteren 1-seitigen Vertrauensniveau zu demonstrieren.

Verfahren Sie wie folgt:

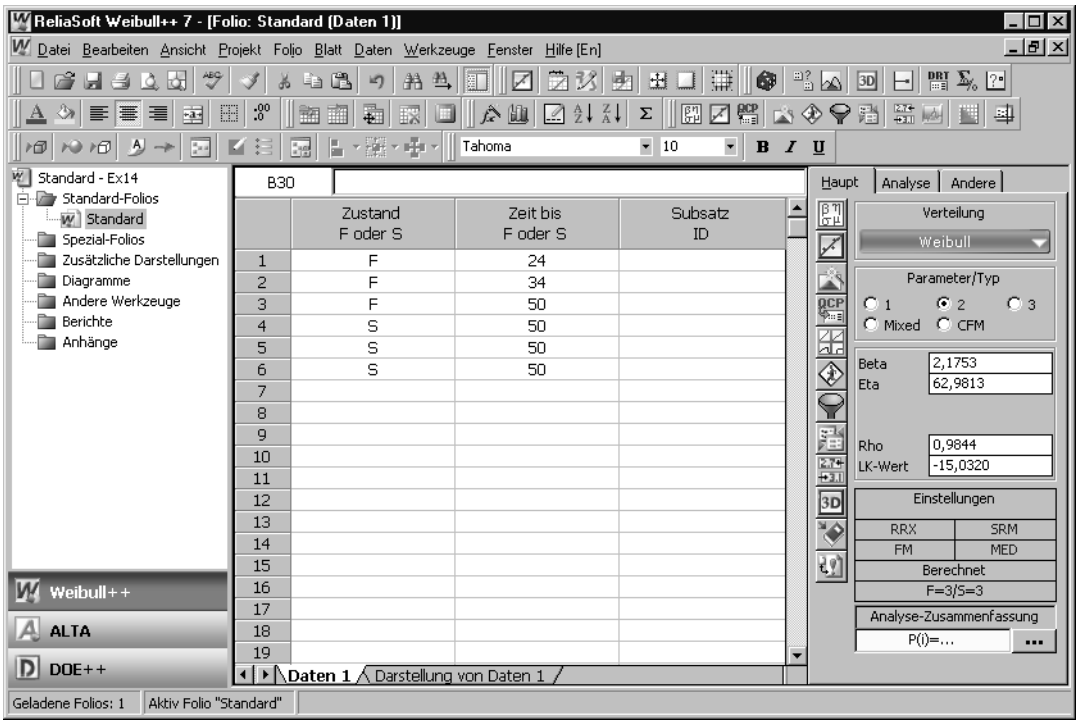
- Nutzen Sie die Standard-2-Parameter Weibull-Analyse mit Rangregression nach X (RRX), um den Datensatz vom geänderten Design aus Tabelle 1 zu analysieren. Berechnen Sie die Zuverlässigkeit bei 10.000 Zyklen mit einem 90%igen unteren 1-seitigen Vertrauensniveau.
- Sollte die Analyse für das geänderte Design nicht ausreichend sein, um die notwendige Zuverlässigkeit bei dem gegebenen Vertrauensniveau zu demonstrieren, wiederholen Sie die Analyse mit Nutzung der Weibull-Bayesian Methode.

Die Datei zu diesem Beispiel finden Sie im Ordner "Training Guide" in Ihrem Anwendungsverzeichnis (d.h. C:\Program Files\ReliaSoft\Weibull7\Training Guide) unter "Weibull-Bayesian.rwp".

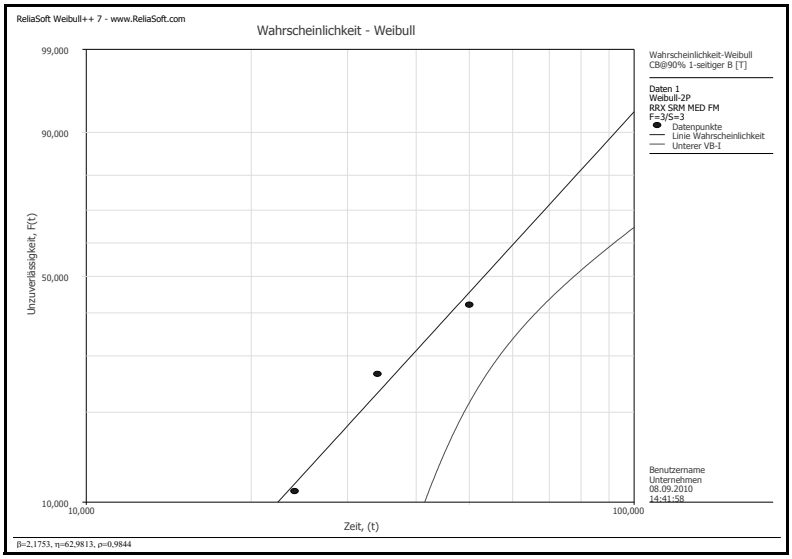
Lösung

- Erstellen Sie ein neues Projekt mit einem Standard-Folio für einzelne Zeiten-bis-zum-Ausfall. Ändern Sie den Namen des Folios zu "Standard".

- Geben Sie die Daten vom geänderten Design ein (siehe erste Tabelle der Problemaussage) mit Nutzung einer 2-Parameter Weibull-Verteilung nach RRX, um die Parameter zu berechnen, wie nachfolgend angezeigt.



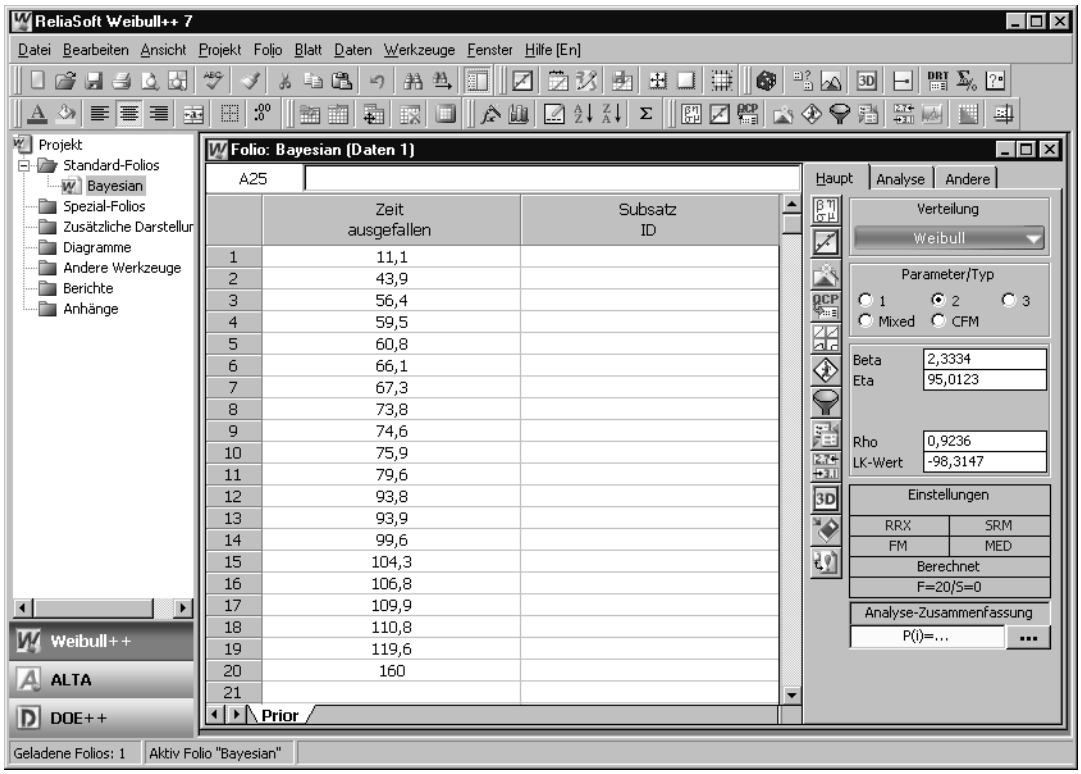
- Generieren Sie ein Wahrscheinlichkeitsnetz für die Analyse mit Anzeige vom 90%igen unteren 1-seitigen Vertrauensbereich, wie nachstehend gezeigt.



- Kehren Sie zum Datenblatt zurück und verwenden das QCP, um die Zuverlässigkeit bei 10.000 Zyklen mit 90% unterem 1-seitigen Vertrauensniveau (Typ I) zu berechnen. Geben Sie wiederum **10** als Endzeit der Mission ein, da die Datenpunkte als tausende von Zyklen eingegeben wurden, wie unterhalb abgebildet.

- Die Standard 2-Parameter Weibull-Analyse schätzt eine Zuverlässigkeit von 98,19% mit einem 90%igen unteren 1-seitigen Vertrauensbereich von 80,24%. Nachdem der untere Vertrauensbereich unter 95% liegt, ist die Analyse nicht ausreichend, um die Zielzuverlässigkeit des geänderten Designs zu demonstrieren. Deshalb muss die Analyse mit Nutzung des Weibull-Bayesian Ansatzes wiederholt werden. Die Weibull-Bayesian Methode benutzt die vorherige Verteilung der Beta Parameter aus dem früheren Design und integriert die aktuellen Daten mit der Analyse.
- Erstellen Sie ein neues Projekt mit dem Standard-Folio für Daten von individuellen Zeiten-bis-zum-Ausfall. Ändern Sie den Namen zu "Bayesian."
- Ändern Sie das Datenblatt zu "Prior," indem Sie auf das Blattregister doppelklicken und den neuen Namen im Blattname-Fenster eingeben.

- Geben Sie die Daten vom Original-Design ein (siehe zweite Tabelle der Problemaussage) und berechnen die Parameter mit der 2-Parameter Weibull-Verteilung nach RRX, wie unterhalb angezeigt.

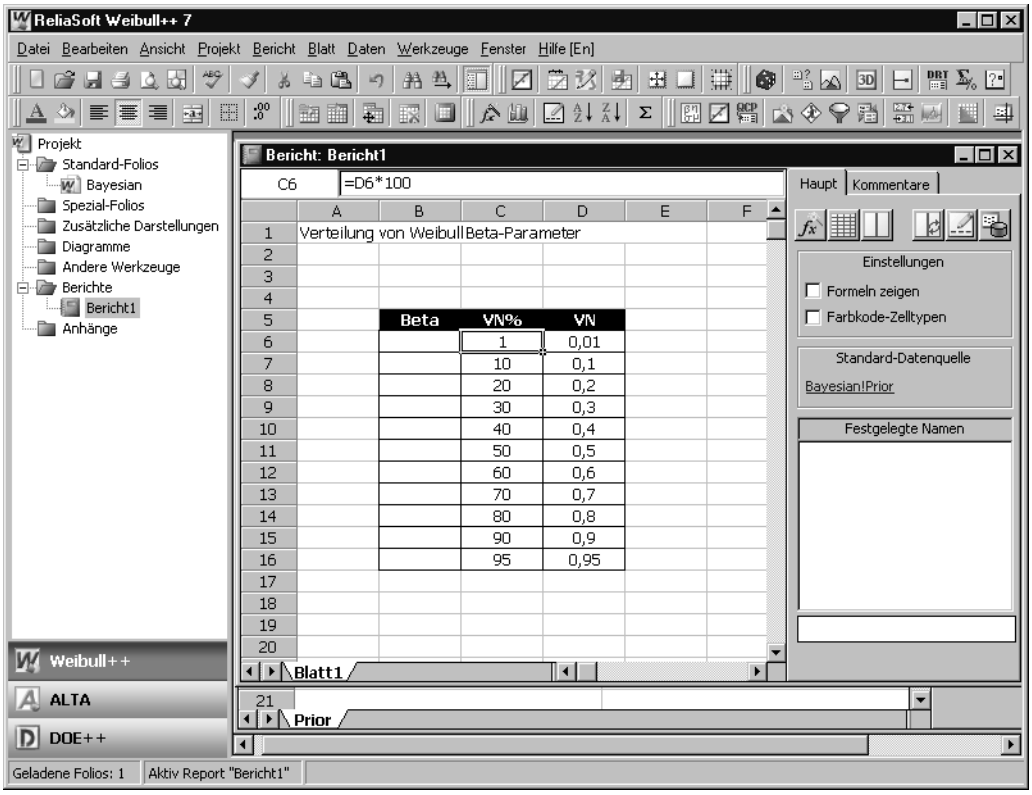


Um die Weibull-Bayesian Analyse anzuwenden, muss die vorhergehende Information in Form einer Verteilung von Beta sein. Sie können diese Verteilung erzielen, indem Sie eine Reihe von Beta-Werten aus der Analyse der Original-Daten beziehen.

- Wählen Sie **Projekt > Bericht hinzufügen...**, um einen Bericht zum Projekt hinzuzufügen.
- Im Fenster Berichts-Assistent wählen Sie das Datenblatt "Prior" als Vorgabe-Datenquelle, wie nachfolgend gezeigt, und klicken auf **OK**.

Berichts-Assistent
Wählen Sie eine Datenquelle, die Sie in Ihrem Bericht verwenden möchten. Zusätzlich zum Erstellen eines leeren Berichts können Sie auch einen neuen Bericht basierend auf einer vorher gespeicherten Vorlage erstellen.
Standard-Datenquelle
Bayesian!Prior
Wählen...
Basierend auf einer vorhandenen Vorlage
Wählen Sie eine Standardvorlage, auf der Sie Ihren Bericht stützen möchten. Eine Liste von Standardvorlagen erscheint unten.
Standard
Benutzer
Weibull++ 7
OK
Abbrechen
Hilfe [En]

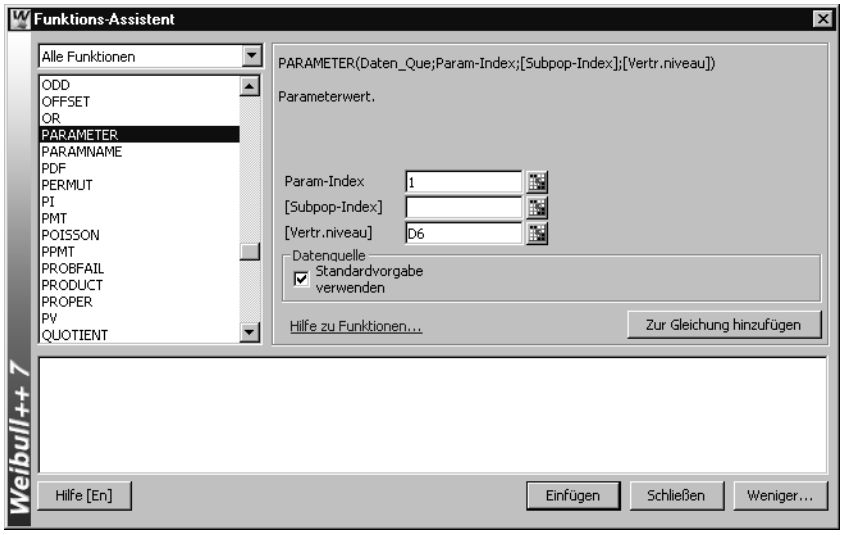
- Erstellen Sie eine Tabelle, wie nachstehend abgebildet, die Beta-Parameterschätzungen für einen Bereich von Vertrauensniveaus beinhaltet. Beachten Sie, dass das eingegebene Vertrauensniveau als Prozent in Spalte C eingeben wurde, und eine Gleichung wird verwendet, um den Prozentsatz in eine Dezimalzahl in Spalte D (z.B. = C6/100) zu konvertieren. Beide Spalten werden für die folgenden Schritte angewandt:



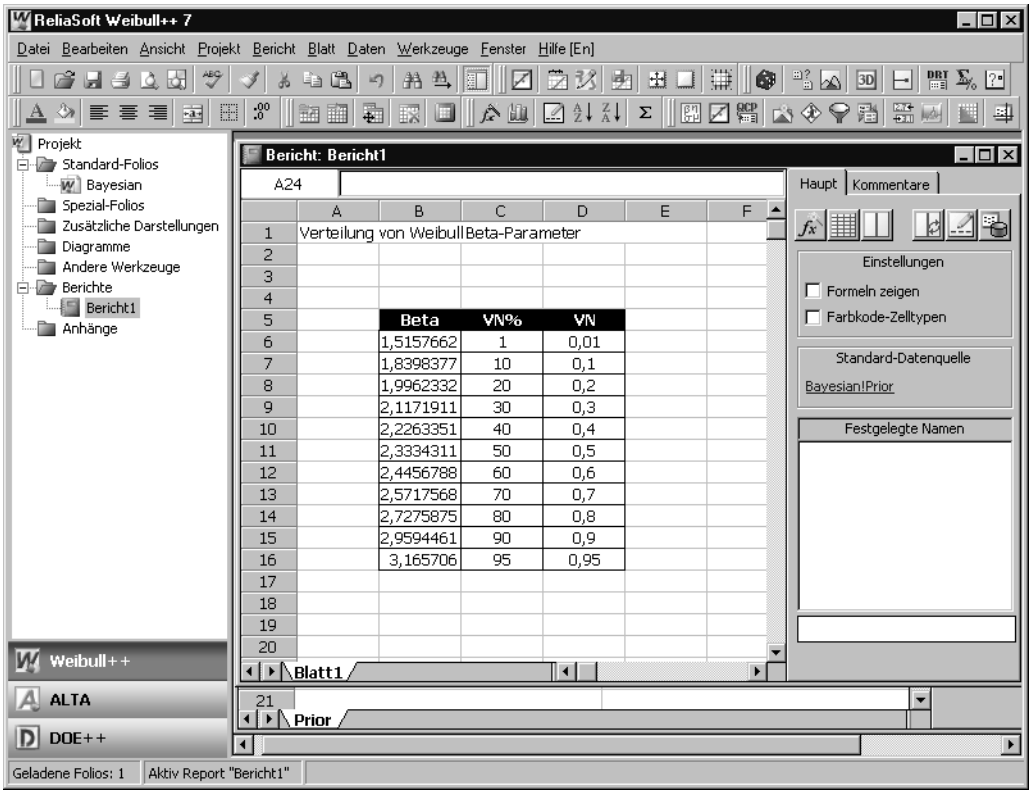
- Wählen Sie die erste Beta-Parameter Zelle (d.h. B6 wie oben abgebildet), öffnen den Funktions-Assistent, indem Sie **Daten > Funktions-Assistent** wählen oder auf das Icon Funktions-Assistent klicken.

- Wählen Sie die Funktion **PARAMETER**, geben dann **1** für Param-Index und **D6** für [Vertr.niveau] ein. Behalten Sie **Standardvorgabe verwenden** als Datenquelle bei. Dies weist darauf hin, dass das erste Parameter für die Analyse im Datenblatt "Prior" bei einem Vertrauensniveau zurückgegeben wird, das in der referenzierten Zelle im Datenblatt festgelegt wurde.

Der Funktions-Assistent wird wie folgt aussehen.



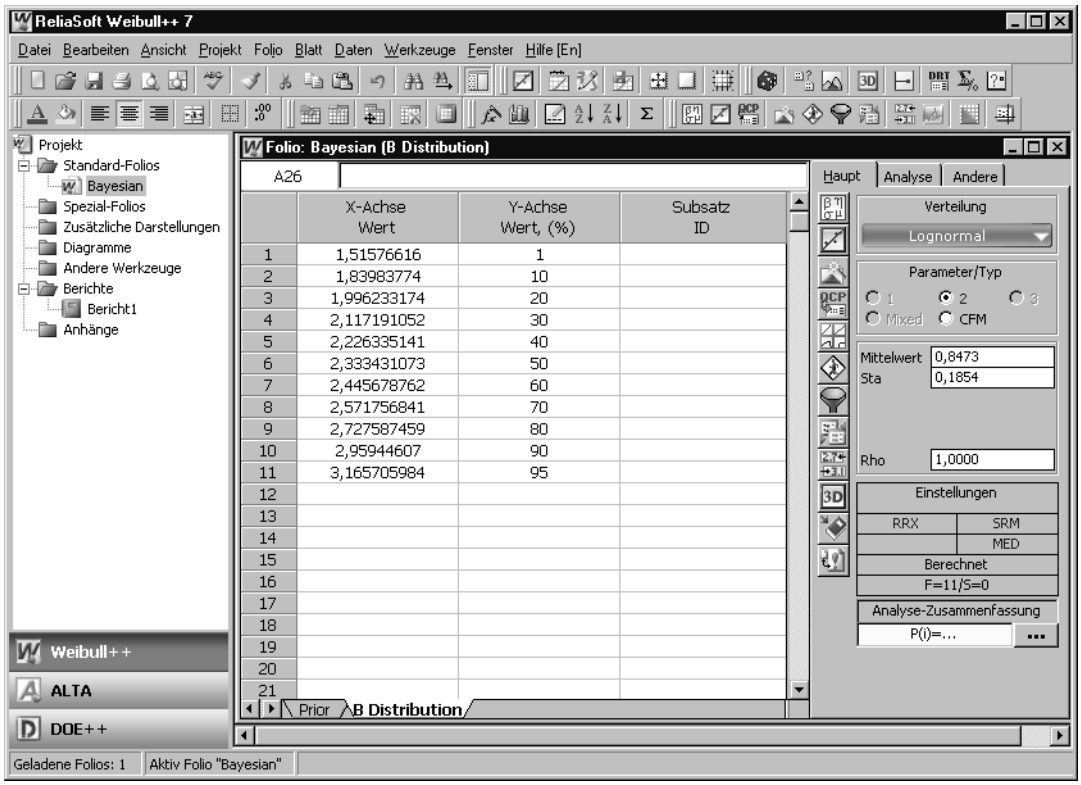
- Klicken Sie auf **Einfügen**, um den Funktions-Assistenten zu schließen und fügen die Funktion in die aktive Zelle ein.
- Kopieren Sie die Funktion aus Zellen B6 bis B16, um die Beta-Werte für alle Vertrauensbereiche zu beziehen. Die Tabelle wird wie folgt aussehen.



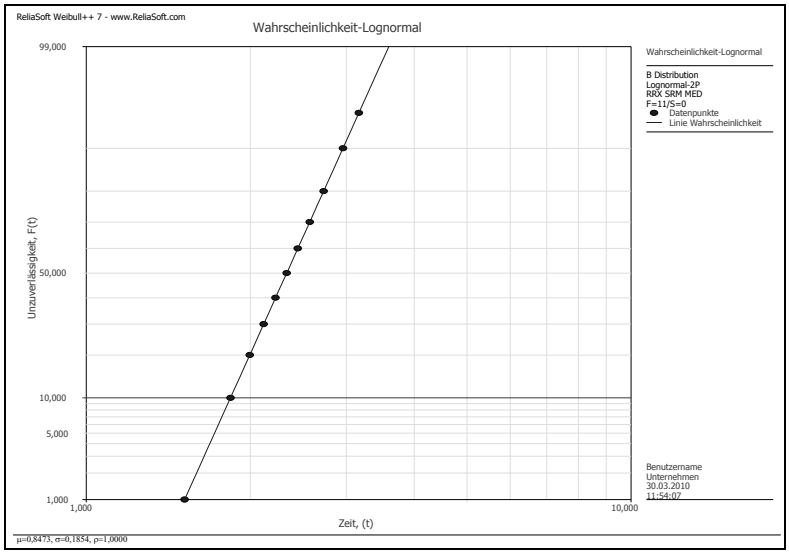
Der nächste Schritt beinhaltet die Anpassung einer statistischen Verteilung im Bereich der Beta-Werte.

- Kopieren Sie die ersten zwei Datenspalten (*d.h.* die Beta-Werte und die Vertauensniveau-Prozentsätze) und kehren zum “Bayesian” - Folio zurück.

- Wählen Sie **Folio > Datenblatt einfügen**, um ein neues Datenblatt für **Freiform-(Probit-) Daten** einzufügen. Ändern Sie den Blattnamen zu "B-Distribution."
- Platzieren Sie den Cursor in der erste Zelle in der Spalte Y-Achsenwert und wählen **Bearbeiten > Inhalte einfügen > Werte einfügen,** um die Werte von Beta aus dem Berichts-Arbeitsblatt einzufügen. Berechnen Sie die Parameter mit der 2-Parameter Lognormal-Verteilung nach RRX, wie nachstehend angezeigt.

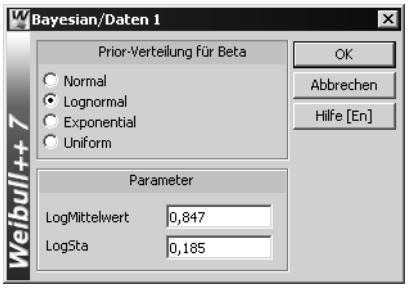


- Um die Anpassung zu evaluieren, generieren Sie ein Wahrscheinlichkeitsnetz für diese Analyse, wie unterhalb angezeigt.

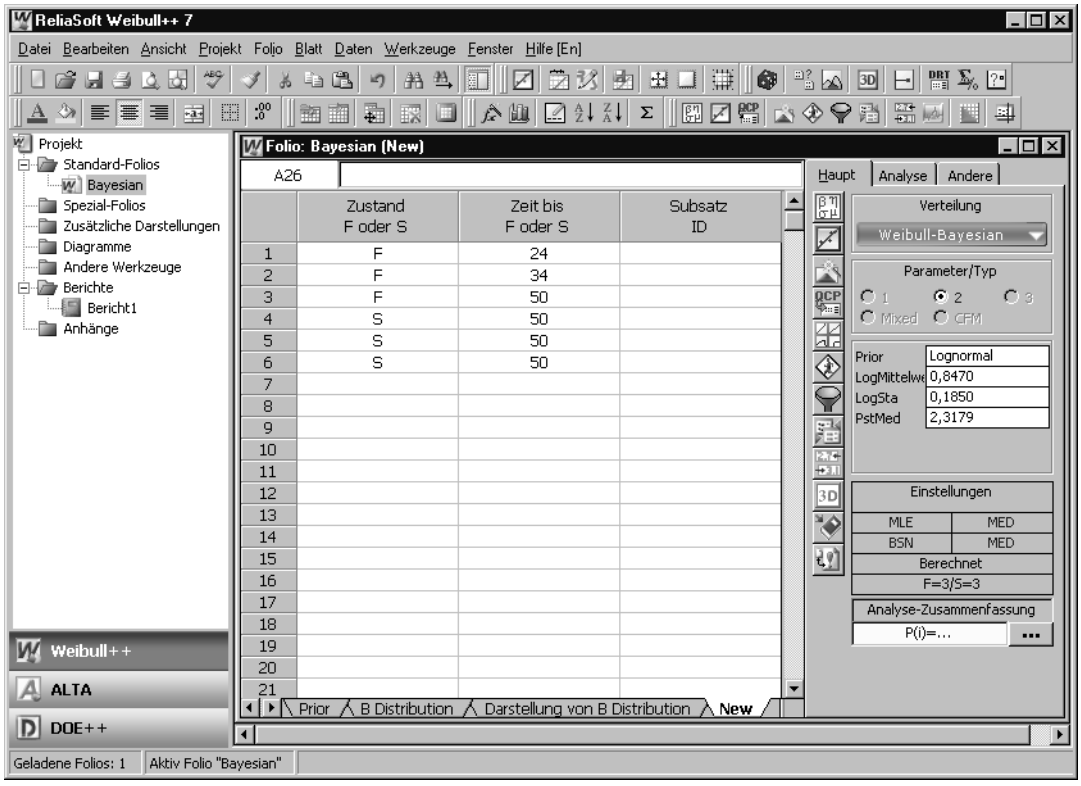


Zuletzt führen Sie die Weibull-Bayesian Analyse durch, indem Sie vorhergehende Beta-Verteilung aus dem Original-Design mit den Daten aus dem geänderten Design verbinden.

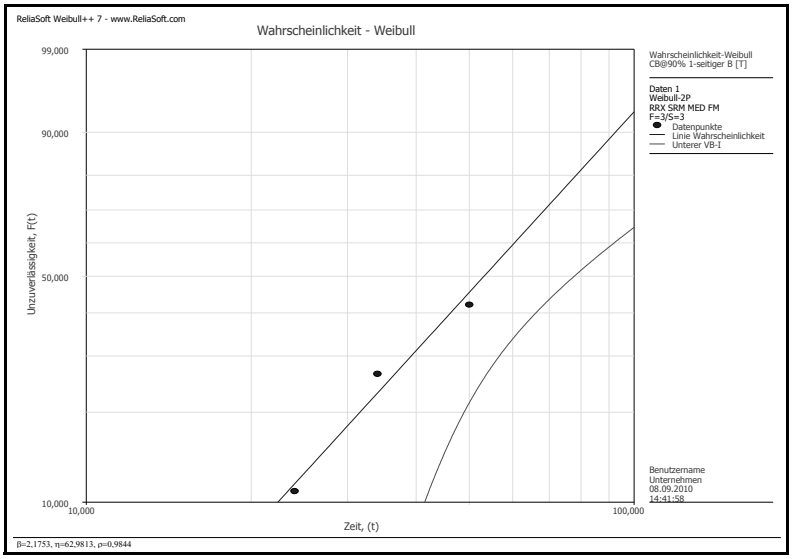
- Fügen Sie ein weiteres neues Datenblatt für einzelne Zeiten-bis-zum-Ausfall-Daten mit Suspensionen und ändern den Blattnamen zu "New."
- Geben Sie die Daten für das geänderte Design erneut ein oder werden diese aus dem Standard-Folio kopiert/eingefügt. Dann wählen Sie die **Weibull-Bayesian** Verteilung. Bevor die Parameter berechnet werden können, werden Sie aufgefordert, die vorhergehenden Beta-Informationen einzugeben. Geben Sie die Ergebnisse vom Arbeitsblatt B-Distribution ein (gerundet auf drei Dezimalstellen), wie hier angezeigt.



- Klicken Sie auf **OK**. Das Datenblatt mit den berechneten Weibull-Bayesian-Parametern sehen Sie unterhalb.



- Generieren Sie eine Wahrscheinlichkeitsnetz mit einem unteren einseitigen 90% Vertrauensbereich , wie unterhalb gezeigt.



- Kehren Sie zum Datenblatt “New” zurück und öffnen das QCP. Berechnen Sie die Zuverlässigkeit bei 10.000 Zyklen mit 90% unterem 1-seitigen Vertrauensbereich (Typ I). Da die Datenpunkte als tausende von Zyklen eingegeben wurden, geben Sie wiederum **10** als Endzeit der Mission ein, wie nachfolgend angezeigt.

Wie Sie sehen können, schätzt die Weibull-Bayesian-Analyse eine Zuverlässigkeit von 98,69% mit einem 90%-igen unteren 1-seitigen Konfidenzintervall von 96,31% ein. Sie werden sich erinnern, dass die Standard 2-Parameter Weibull-Methode eine unteren Bereich von 80,24% einschätzt. Deshalt ist der Weibull-Bayesian Ansatz zur Verdeutlichung besser geeignet, dass das geänderte Design den notwendigen Zuverlässigkeitsanforderungen entspricht.

- Schließen Sie das QCP, speichern das Projekt unter “Weibull-Bayesian.rso7”, schließen dann das Projekt und fahren mit dem nächsten Beispiel fort.

4.16 Beispiel 15: Ausfallmodi-ZBD-Analyse (Zuverlässigkeits-Blockdiagramm)

Nehmen Sie an, dass eine Komponente aufgrund 6 unabhängiger, ursprünglicher Ausfallmodi ausfallen kann: A, B, C, D, E und F. Die Komponente fällt aus wenn Modus A, B oder C eintritt. Wenn Modus D, E oder F allein eintritt, fällt die Komponente nicht aus. Jedoch wird die Komponente ausfallen, falls zwei beliebige (oder mehr) Modi eintreten (*d.h.* D und E; D und F; E und F). Die folgenden Tabellen präsentieren die Zeit-bis-zum-Ausfall-Daten für diese Modi (in Stunden). Verwenden Sie die 2-Parameter Weibull-Verteilung mit MLE, um jeden Datensatz zu analysieren, und bestimmen das untere 1-seitige 90%-Vertrauensintervall der Zuverlässigkeit dieser Komponente bei 100 Std.

Modus A			Modus B			Modus C		
Anz. im Zustand	**Zustand**	**Zeit**	**Anz. im Zustand**	**Zustand**	**Zeit**	**Anz. im Zustand**	**Zustand**	**Zeit**
1	F	1144	1	F	19	1	F	2221
1	F	1719	1	F	140	1	F	2257
1	F	2129	1	F	292	1	S	2569
1	F	2803	1	F	432	1	F	3029
1	F	3020	1	F	528	1	F	3805
1	F	3082	1	F	552	10	S	5000
1	F	3589	1	F	605			
1	F	3973	1	F	734			
1	F	4337	1	F	779			
1	F	5011	1	F	874			
1	F	5029						
18	S	5500						

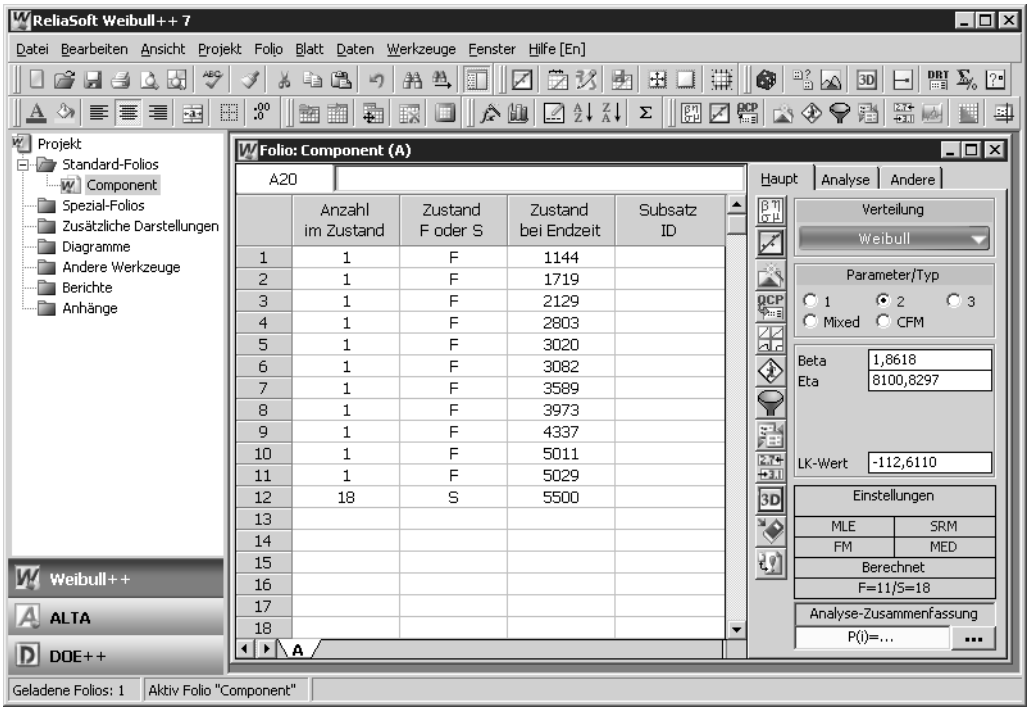
Modus D			Modus E			Modus F		
Anz. im Zustand	**Zustand**	**Zustand**	**Anz. im Zustand**	**Zustand**	**Zeit**	**Anz. im Zustand**	**Zustand**	**Zeit**
1	F	1063	1	F	1290	1	F	605
1	F	1085	1	F	2261	1	F	760
1	F	1399	1	F	2355	1	F	773
1	F	1445	1	F	3209	1	F	854
1	F	1550	1	F	3284	1	F	890
1	F	2056	1	F	3394	1	F	1165

Modus D			Modus E			Modus F		
1	F	4384	1	F	3596	1	F	1220
1	F	4863	1	F	4203	1	F	1320
8	S	5000	1	F	4254	1	F	1967
			1	F	4294	1	F	2606
			1	F	4420	1	F	2834
			10	S	5000	15	S	3000

Die Datei zu diesem Beispiel finden Sie im Ordner "Training Guide" in Ihrem Anwendungsverzeichnis (d.h. C:\Program Files\ReliaSoft\Weibull7\Training Guide) unter "Mode Diagram.rwp".

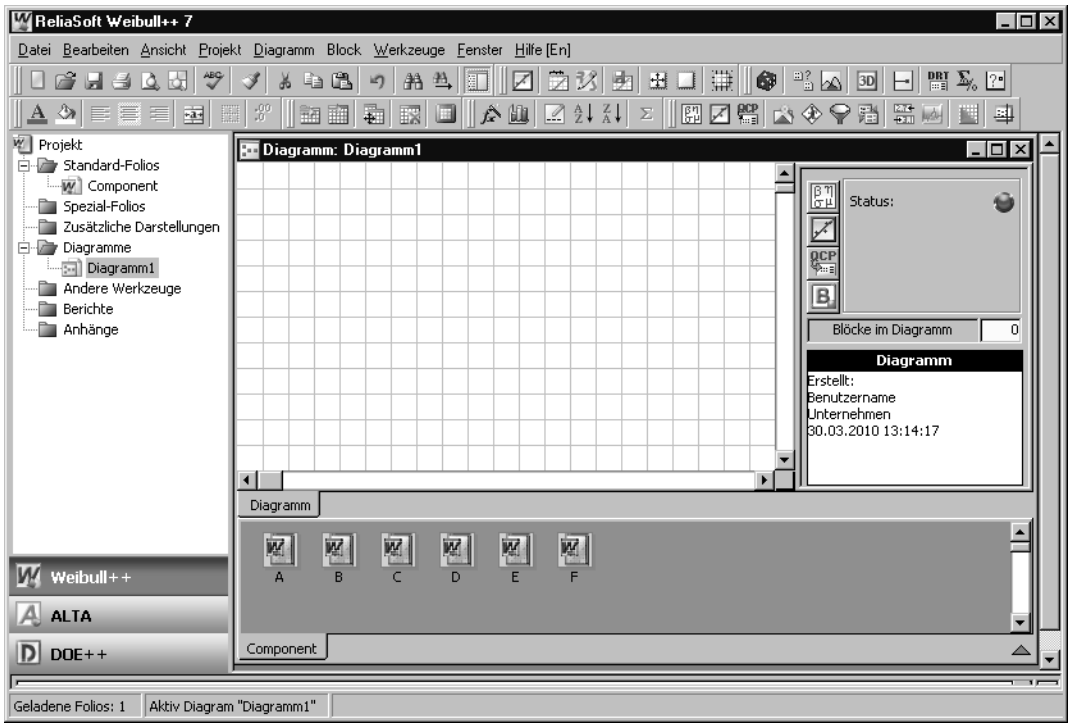
Lösung

- Erstellen Sie ein neues Projekt mit einem Standard-Folio für gruppierte Zeiten-bis-zum-Ausfall-Daten mit Suspensionen. Ändern Sie den Namen des Folios zu "Component."
- Ändern Sie den Namen des Datenblatts zu "A", geben die Daten für Ausfallmodus A ein und verwenden die 2-Parameter Weibull-Verteilung mit MLE, um die Parameter zu berechnen, wie unterhalb gezeigt.



- Fügen Sie ein weiteres Datenblatt desselben Typs unter "B" ein, geben die Daten für Ausfallmodus B ein und berechnen die Parameter. Wiederholen Sie das Verfahren für die übrigen Ausfallmodi.

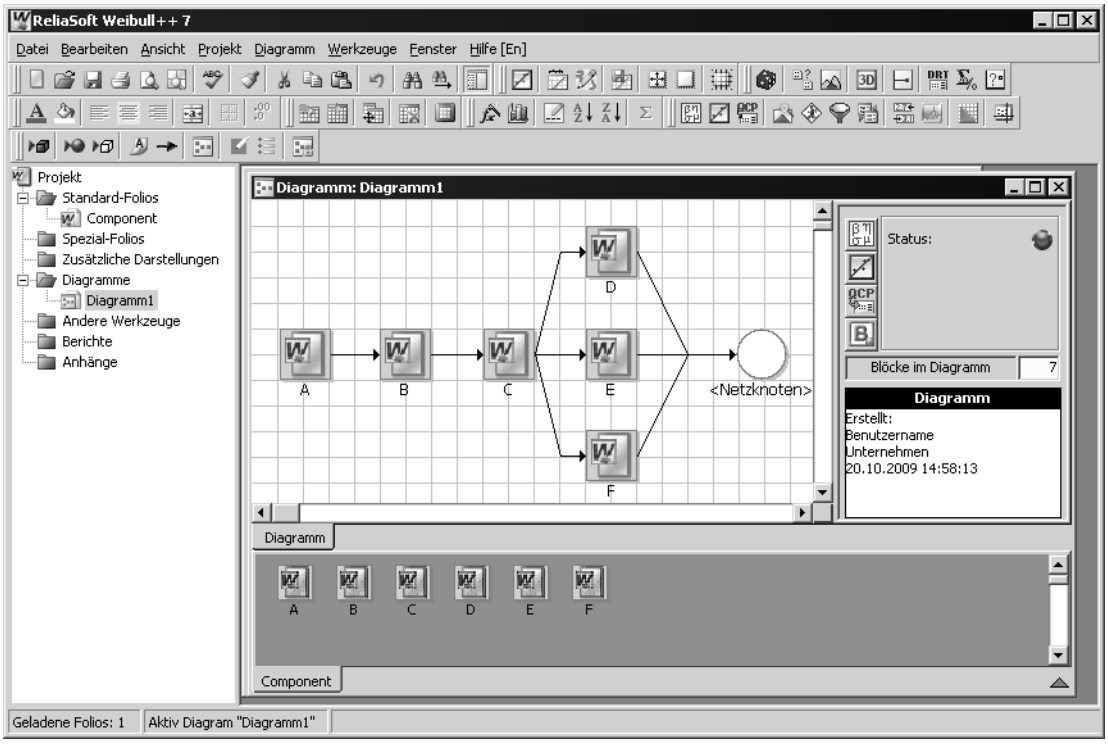
- Nachdem Sie die Daten für alle sechs Ausfallmodi eingegeben und berechnet haben, wählen Sie **Projekt > Diagramm hinzufügen**, um ein Diagramm zum Projekt hinzuzufügen, das jeweils einen Vorlage-Block für jedes Datenblatt im Projekt enthält, wie unterhalb gezeigt.



- Bauen Sie ein ZBD (Zuverlässigkeits-Blockdiagramm), welches die zuverlässigkeitsmäßige Konfiguration der Ausfallmodi beschreibt.

Um einen Block hinzuzufügen, der einen berechneten Datensatz repräsentiert, verwenden Sie die Drag-and-Drop-Technik und ziehen den Block mit der Maus aus der Vorlage und platzieren diesen im Diagramm. Um den Netzknoten hinzuzufügen, wählen Sie **Diagramm > Netzknoten hinzufügen** oder rechtsklicken Sie innerhalb des Diagramm-Folios, um den Befehl vom Menükürzel zu wählen. Doppelklicken Sie den Netzknoten, um die Anzahl der Pfade festzulegen, die zum Netzknoten führen und funktionieren müssen (d.h. 2 von 3 Pfaden im aktuellen Beispiel). Um die Relationen-Linien hinzuzufügen, wählen Sie **Diagramm > Blöcke verbinden** oder rechtsklicken Sie innerhalb des Diagramm-Folios, um den Befehl vom Menükürzel zu wählen. und ziehen eine Linie zwischen den Blöcken, um diese zu verbinden. Nachdem Sie diesen Vorgang abgeschlossen haben, rechtsklicken Sie innerhalb des Diagramms, damit der Mauszeiger wieder zum Normalmodus wechselt. Das Diagramm wird der nachfolgenden Abbildung entsprechen.

Das Diagramm wird wie folgt aussehen.



- Wählen Sie **Diagramm > Berechnen** oder klicken auf das Icon **Berechnen**, um das Diagramm zu analysieren.
- Wählen Sie **Diagramm > Quick Calculation Pad...** oder klicken auf das Icon, um das QCP zu öffnen. Berechnen Sie die Zuverlässigkeit bei 100 Std. mit einem unteren 1-seitigen 90%-Vertrauensbereich, wie unterhalb gezeigt.

Der untere Bereich wird auf 82,23% eingeschätzt.

- Schließen Sie das QCP, speichern dann das Projekt unter “Mode Diagram.rso7,” schließen es und fahren mit dem nächsten Beispiel fort.

4.17 Beispiel 16: Bestimmen Sie die optimale Burn-in-Zeit

Es werden Burn-in-Tests mit einer elektronischen Komponente durchgeführt und folgender kumulativer Prozentsatz der Ausfälle wird dabei beobachtet:

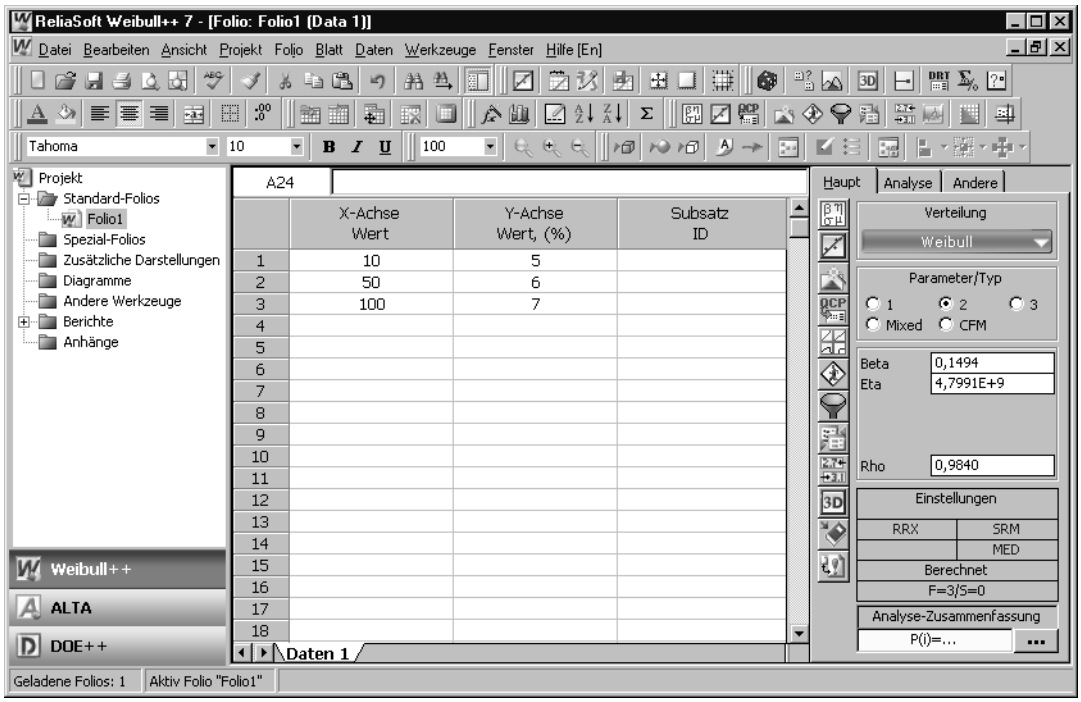
- 5% sind nach 10 Std. ausgefallen
- 6% sind nach 50 Std. ausgefallen
- 7% sind nach 100 Std. ausgefallen

Nehmen Sie an, dass die Kosten pro Stunde des Burn-in-Tests $10 beträgt. Außerdem kostet jeder weiter Ausfall $50, der während des Tests entdeckt wird. Falls eine im Feld arbeitende Einheit ausfällt, verursacht das Kosten in Höhe von $4 000. Bestimmen Sie die optimale Burn-in-Zeit.

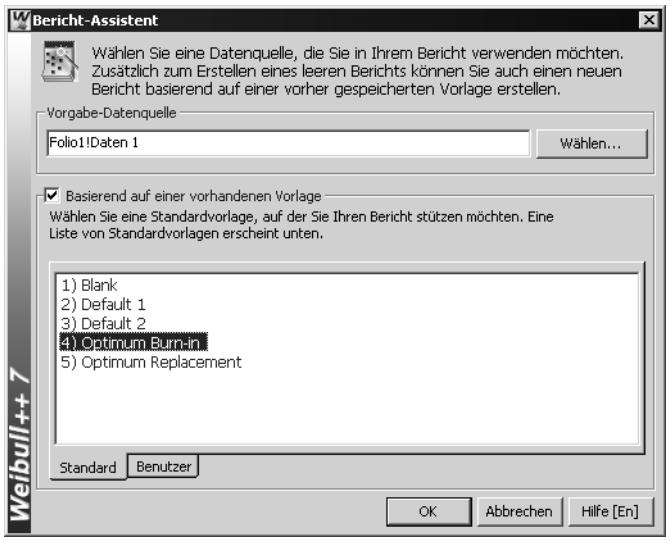
Die Datei zu diesem Beispiel finden Sie im Ordner “Training Guide” in Ihrem Anwendungsverzeichnis (d.h. C:\Program Files\ReliaSoft\Weibull7\Training Guide) unter “Optimum Burn-in.rwp”.

Lösung

- Erstellen Sie ein neues Projekt mit einem Standard-Folio für Freiform-Daten.
- Geben Sie die Daten ein und verwenden die 2-Parameter Weibull-Verteilung mit Rangregression nach X, um die Parameter zu berechnen, wie unten gezeigt.

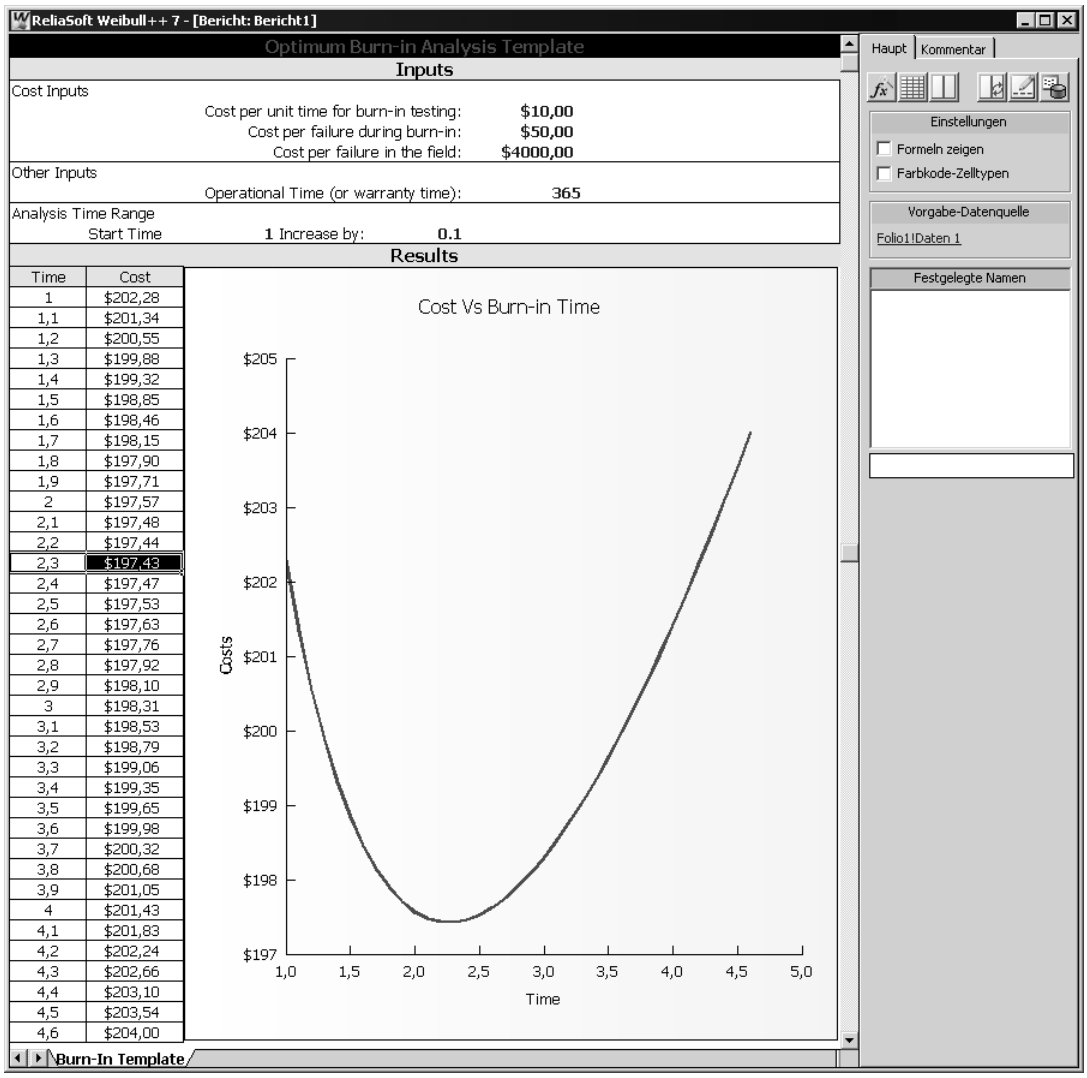


- Wählen Sie **Projekt > Bericht hinzufügen...** Im Bericht-Assistent legen Sie das berechnete Datenblatt als Vorgabe-Datenquelle fest und kennzeichnen, dass Sie den Bericht basierend auf der Berichtsvorlage **Optimum Burn-in.wrt** erstellen möchten, wie unterhalb gezeigt.


Bericht-Assistent
Wählen Sie eine Datenquelle, die Sie in Ihrem Bericht verwenden möchten. Zusätzlich zum Erstellen eines leeren Berichts können Sie auch einen neuen Bericht basierend auf einer vorher gespeicherten Vorlage erstellen.
Vorgabe-Datenquelle
Folio1!Daten 1
Wählen...
Basierend auf einer vorhandenen Vorlage
Wählen Sie eine Standardvorlage, auf der Sie Ihren Bericht stützen möchten. Eine Liste von Standardvorlagen erscheint unten.
1) Blank
2) Default 1
3) Default 2
4) Optimum Burn-in
5) Optimum Replacement
Standard
Benutzer
OK
Abbrechen
Hilfe [En]
Weibull++ 7

- Klicken Sie auf **OK**, um den Bericht zu erstellen.

- Geben Sie die Kosten für dieses Beispiel im Bereich der Kostenerfassung oben in die Vorlage ein (Text in blauer Fettschrift) und akzeptieren die anderen voreingestellten Eingaben. Das Fenster wird wie folgt aussehen.



Die optimale Burn-in-Zeit beträgt 2,3 Std.

- Speichern Sie das Projekt unter “Optimum Burn-in.rso7” und schließen das Projekt.

Praxisfragen 5

Dieser Absatz behandelt einige zusätzliche Übungsfragen. Der nächste Absatz liefert die Lösungen für diese Beispiele. *Die Datei zu den Beispielen finden Sie im Ordner "Training Guide" in Ihrem Anwendungsverzeichnis (z.B. C:\Program Files\ReliaSoft\Weibull7\Training Guide) unter "Practice Questions.rwp."*

5.1 Praxisfrage 1

Sechs Einheiten wurden auf Zuverlässigkeit untersucht, und es wurden folgende Zeiten-bis-zum-Ausfall beobachtet: 48, 64, 83, 105, 123 und 150 Std. Verfahren Sie wie folgt:

1. Bestimmen Sie die Klassifizierung dieses Datensatzes, z.B. einzeln, gruppiert, suspendiert, zensiert, nicht zensiert, usw.
2. Erstellen Sie ein neues Projekt und ein Standard-Folio für einzelne Zeiten-bis-zum-Ausfall-Daten ohne Zensierung unter "Question1".
3. Geben Sie die Daten ein und wählen Rangregression nach X als Parameter-Schätzungsmethode.
4. Bestimmen Sie die Parameter für diesen Datensatz mit folgenden Verteilungen und stellen die Daten für jede Verteilung grafisch dar. Anhand der Darstellung können Sie einschätzen, wie gut jede Verteilung die Daten nachvollzieht, *d.h.* wie gut die Linie die dargestellten Punkte nachverfolgt?
   i. 2-Parameter-Weibull
   ii. 3-Parameter-Weibull
   iii. Normal
   iv. Lognormal
   v. 1-Parameter-Exponential
   vi. 2-Parameter-Exponential
5. Verwenden Sie den Verteilungs-Assistent, um die Verteilung festzulegen, die am besten Ihren Daten entspricht. Vergleichen Sie dies mit Ihren Beobachtungen.
6. Speichern Sie das Projekt unter "Practice Questions.rso7". Schließen Sie das Folio, lassen jedoch das Projekt geöffnet.

5.2 Praxisfrage 2

Ein ACME-Hersteller hat ein Tracking-Programm für die Zuverlässigkeit eines neuen Produkt eingeführt. Versuchsweise wurden insgesamt 96 Einheiten auf den Markt gebracht. 10 Einheiten sind in der Zeitspanne von 0 - 68 Std. ausgefallen, 10 Einheiten in der Zeitspanne von 68 - 90 Std., 10 Einheiten in der Zeitspanne von 90 - 120 Std. und 7 in der Zeitspanne von 120 - 130 Std. 59 Einheiten sind weiterhin im Feld funktionsfähig, nachdem sie erfolgreich 153 Std. lang im Betrieb waren. Verfahren Sie wie folgt:

1. Erstellen Sie ein neues Standard-Folio für gruppierte Zeiten-bis-zum-Ausfall-Daten mit Suspensionen und Intervallzensierung unter "Question2".

2. Geben Sie die Daten ein und bestimmen die Parameter der 2-Parameter Weibull-Verteilung mit Hilfe der Rangregression nach X.
3. Beziehen Sie das Wahrscheinlichkeitsnetz für diesen Datensatz.
4. Stellen Sie 90%-Vertrauensniveau, 2-seitige Vertrauensbereiche (Typ II) dar. Exportieren Sie die grafische Darstellung als MyPlot1.wmf.
5. Testen Sie das Annotieren der Darstellung in RS-Draw aus.
6. Anhand der Darstellung bestimmen Sie:
   i. Die Zuverlässigkeit dieser Einheiten für eine Missiondauer von 50 Std., R(50Std.).
   ii. Die 90%, 2-seitigen Vertrauensbereiche der Zuverlässigkeit für eine Missiondauer von 50 Std. (Typ II).
   iii. Missionsdauer für diese Einheiten, falls ACME Inc. 90%-Zuverlässigkeit bei 50%-Vertrauensniveau erfordert.
   iv. Den Missionsumfang, falls ACME Inc. 90%-Zuverlässigkeit bei 90%-Vertrauensniveau (Typ I) erfordert.
7. Unter Verwendung des Quick Calculation Pads bestimmen Sie:
   i. Die Zuverlässigkeit dieser Einheiten für eine Missiondauer von 50 Std., R(50Std.).
   ii. Die 90%, 2-seitigen Vertrauensbereiche der Zuverlässigkeit für eine Missiondauer von 50 Std.
   iii. Missionsdauer für diese Einheiten, falls ACME Inc. 90%-Zuverlässigkeit bei 50%-Vertrauensniveau erfordert.
   iv. Den Missionsumfang, falls ACME Inc. 90%-Zuverlässigkeit bei 90%-Vertrauensniveau erfordert.
   v. Die 2-seitigen Vertrauensbereiche für die Parameter.
8. Beziehen Sie die Darstellung Zuverlässigkeit vs. Zeit für diese Einheiten.
9. Beziehen Sie die Darstellung *WDF* für diese Einheiten.
10. Beziehen Sie die Darstellung Ausfallrate vs. Zeit für diese Einheiten. Anhand der Darstellung lesen Sie die Ausfallrate dieser Einheiten bei 100 Std. ab.
11. Speichern Sie die Änderungen im Projekt und schließen das Folio.

5.3 Praxisfrage 3

1. Erstellen Sie ein neues Standard-Folio für individuelle Zeiten-bis-zum-Ausfall-Daten ohne Zensierung unter “Question3”.
2. Benennen Sie das Datenblatt in “MLE” um, kopieren und fügen dann die Daten aus “Question1” ein. Verwenden Sie 2-Parameter Weibull-Verteilung und Maximum-Likelihood-Schätzung (MLE), um die Parameter zu berechnen.
3. Fügen Sie ein neues Datenblatt unter “RRX” ein und fügen den Datensatz in das neue Blatt ein. Verwenden Sie die 2-Parameter Weibull-Verteilung und Rangregression nach X, um die Parameter zu berechnen.
4. Stellen Sie beide Datensätze einzeln dar.
5. Passen Sie beide Darstellungen individuell an.
6. Fügen Sie ein MultiPlot-Blatt zum Projekt hinzu (unter “Question3”) und wählen die Option, so dass beide Datensätze angezeigt werden. (Beachten Sie, dass beide Datensätze auf denselben Daten basieren. Sind Sie unterschiedlich? Wie kommt es dazu?)
7. Speichern Sie die Änderungen im Projekt und schließen die Folios und das MultiPlot-Blatt.

5.4 Praxisfrage 4

Ein ACME-Hersteller bereitet sich auf den Kauf einer neuen Komponente für eines seiner Produkte vor. Zwei konkurrierende Hersteller haben ACME folgende Testdaten unterbreitet. Jeder Hersteller hat 8 Einheiten bis zum Ausfall getestet, mit folgenden Ergebnissen:

Hersteller A Zeit bis zum Ausfall, Std.	Hersteller B Zeit bis zum Ausfall, Std.
1900	2000
2600	4250
1400	1300
1300	600
800	3000
2650	6600
1850	9000
2400	12000

1. Erstellen Sie ein neues Standard-Folio für einzelne Zeiten-bis-zum-Ausfall-Daten ohne Zensierung unter “Question4”.
2. Geben Sie die Daten für jeden Hersteller in separate Datenblätter (“A” und “B”) ein und bestimmen die Parameter der 2-Parameter Weibull-Verteilung mit Nutzung der Rangregression nach X.
3. Verwenden Sie das Hilfsprogramm Vergleichstest, um die Wahrscheinlichkeit zu berechnen, dass Hersteller A besser als Hersteller B ist. Welches Design würden Sie wählen?
4. Speichern Sie die Änderungen im Projekt, schließen den Vergleichs-Assistenten und schließen das Folio.

5.5 Praxisfrage 5

Wie Sie vielleicht bemerkt haben, kann man anhand der dargestellten Datenpunkte und der Beobachtung, wie nah die Linie an den Punkten vorbeiführt, darauf schließen, wie gut die berechneten Parameter zu den Daten passen (oder wie korrekt die Berechnungen sind). Wenn Sie allerdings die Maximum-Likelihood-Schätzung (MLE) verwenden, treffen die Datenpunkte im allgemeinen nicht mit der dargestellten Linie zusammen. Der Grund dafür liegt darin, wie die Parameter geschätzt wurden. Eine Möglichkeit diese Konvergenz zu beobachten, da MLE die Likelihood-Funktion maximiert, ist die 3-D-Darstellung der Log-Likelihood-Funktion zu betrachten und Weibull++ macht genau das möglich.

1. Vervielfältigen Sie das Folio “Question1” und benennen die Kopie “Question5”.
2. Berechnen Sie die Parameter mit Hilfe der 2-Parameter Weibull-Verteilung und MLE als Parameter-Schätzungsmethode.
3. Stellen Sie die Log-Likelihood-Funktion mit Nutzung der 3-D-Darstellung dar.
4. Drücken Sie **Ctrl** und klicken auf die Darstellung. Bewegen Sie die Maus gleichzeitig in die Richtung, in die Sie die Darstellung rotieren möchten.
5. Rotieren Sie die Darstellung und betrachten das Maximum-Beta.
6. Rotieren Sie die Darstellung noch einmal und betrachten das Maximum-Eta.
7. Schließen Sie die 3-D-Darstellung und fügen ein allgemeines Rechenblatt in das Folio ein.
8. Verwenden Sie den Funktions-Assistenten, um eine Tabelle der Zuverlässigkeiten mit 90% 2-seitigen Vertrauensbereichen für einen Zeitraum von 10 bis 100 zu erstellen, inkrementiert um 5. Um die 2-seitigen Bereiche zu beziehen, erstellen Sie eine Funktion für das VN (Vertrauensniveau) bei 0,5 (unterer Bereich) und eine zweite Funktion für das VN (Vertrauensniveau) bei 0,95 (oberer Bereich).

9. Speichern Sie die Änderungen im Projekt und schließen das Folio.

5.6 Praxisfrage 6

Das Werkzeug zum Generieren von Monte-Carlo-Daten ist sehr nützlich, wenn Sie mit Simulationen arbeiten. Sie können es verwenden, um Werte für jede beliebige Verteilung oder Funktion zu generieren. Das folgende Beispiel führt Sie durch ein solches Szenario.

1. Erstellen Sie ein neues Standard-Folio für Zeiten-bis-zum-Ausfall-Daten ohne Zensierung, unter “Question6”.
2. Wählen Sie **Monte-Carlo-Daten generieren...** aus dem Menü **Werkzeuge** oder klicken auf das Icon.
3. Generieren Sie einen Datensatz mit Nutzung der 2-Parameter Weibull-Verteilung mit Beta = 2 und Eta = 1500 Std. Wählen Sie die Option, so dass die Datenpunkte in das aktuelle Folio und Blatt eingefügt werden.
4. Berechnen Sie die Parameter.
5. Sind die Parameter identisch mit den im Monte-Carlo-Werkzeug verwendeten Werten? Ihr Kommentar?
6. Generieren Sie einen weiteren Monte-Carlo-Datensatz und verwenden dieselbe Verteilung und Parameter. Wählen Sie die Option, so dass die Datenpunkte in das aktuelle Folio und ein neues Blatt eingefügt werden.
7. Vergleichen Sie beide Sätze. Sind sie gleich?
8. Speichern Sie die Änderungen im Projekt und schließen das Folio.

5.7 Praxisfrage 7

Sie müssen Ihren neuen Manager überzeugen, dass das Produkt X eine MTBF von 1000 Std. mit einem 95%-Vertrauensniveau hat. Aus Erfahrung wissen Sie, dass das Gestalt-Parameter für dieses Produkt gleich 1,5 ist. Bedingt durch zeitliche Beschränkungen darf die Testzeit nicht mehr als 500 Std. betragen. Unter Verwendung vom Hilfsprogramm Gestaltung der Zuverlässigkeit (GZ) legen Sie die Anzahl der Einheiten fest, die im folgenden Fall getestet werden sollen:

1. Es sind keine Ausfälle erlaubt.
2. Es ist ein Ausfall erlaubt.
3. Testen Sie das Hilfsprogramm GZ (Gestaltung der Zuverlässigkeit - engl. Design of Reliability) auch an anderen Beispielen aus.

5.8 Praxisfrage 8

Die nachfolgende Tabelle präsentiert einen Datensatz, der sich auf die Zeiten-bis-zum-Ausfall von zwei Stichproben desselben Produkts bezieht, Stichproben A und B. Nehmen Sie an, dass beide Stichproben identisch sind, und somit werden die Zeiten-bis-zum-Ausfall in dasselbe Datenblatt eingegeben, wobei die Subsatz-ID-Spalte jede Stichprobe identifiziert.

Zeit-bis-zum-Ausfall, Std.	Subsatz-ID
49	A
71	A
80	A
85	A
93	A
100	A
16	B
18	B
30	B
34	B
50	B
201	B

Mit Nutzung der Funktion Batch Auto-Run, extrahieren Sie zwei unterschiedliche Datensätze. Verfahren Sie wie folgt:

1. Erstellen Sie ein neues Standard-Folio für Zeiten-bis-zum-Ausfall-Daten ohne Zensierung unter "Question8."
2. Berechnen Sie die Parameter für jeden Datensatz mit Hilfe der 2-Parameter Weibull-Verteilung mit Rangregression nach X.
3. Vergleichen Sie beide Sätze mit Nutzung vom Hilfsprogramm Vergleichstest.
4. Erstellen Sie ein MultiPlot-Blatt (unter "Question8") und stellen beide Datensätze zusammen dar.
5. Speichern Sie die Änderungen im Projekt und schließen das Folio.

5.9 Praxisfrage 9

In diesem Beispiel gestalten Sie einen Test, um die Zuverlässigkeit von 90% bei t = 100 Std. mit einem 95%-Vertrauen darzustellen. Setzen Sie eine Weibull-Verteilung mit einem Gestalt-Parameter Beta = 1,5 voraus. Dieser Test lässt keine Ausfälle zu, oder anders gesagt f = 0.

Mit Nutzung vom Hilfsprogramm GZ (Gestaltung der Zuverlässigkeit) bestimmen Sie:

1. Die Anzahl der Einheiten, die 48 Std. lang getestet werden sollen (in Ganzzahlen).
2. Die Testzeit für 20 Einheiten.

Antworten auf die Praxisfragen

6

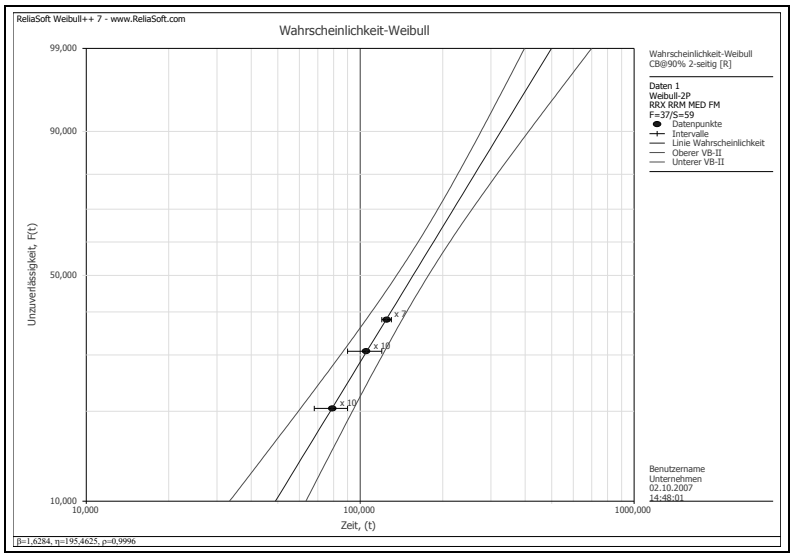
Dieser Absatz gibt die Lösungen auf die in Kapitel 5 gestellten Fragen.

6.1 Praxisfrage 1

1. Einzelne Zeiten-bis-zum-Ausfall (komplett)
4. Parameterwerte für jede Verteilung:
   i. 2-Parameter-Weibull $\beta = 2{,}5147$; $\eta = 108{,}5178$
   ii. 3-Parameter-Weibull $\beta = 1{,}8021$; $\eta = 86{,}0358$; $\gamma = 21{,}2200$
   iii. Normal $\mu = 95{,}5000$; $\sigma = 42{,}8050$
   iv. Lognormal $\mu = 4{,}4876$; $\sigma = 0{,}4767$
   v. 1-Parameter-Exponential $\lambda = 0{,}0119$
   vi. 2-Parameter-Exponential $\lambda = 0{,}0196$; $\gamma = 48{,}0000$
5. Der Verteilungs-Assistent empfiehlt die 3-Parameter Weibull-Verteilung.

6.2 Praxisfrage 2

1. 2-Parameter Weibull $\beta = 1{,}6284$; $\eta = 195{,}4625$
4. Wahrscheinlichkeitsnetz mit Vertrauensbereichen:



6. Anhand der Darstellung:
   i. R(50 Std.) @ 89%

ii. Oberes VN (Vertrauensniveau) @ 94%, Unteres VN (Vertrauensniveau) @ 83%

iii. Missionsdauer @ 50 Std.

iv. Erfordert eine Missionslänge von ca. 35-68 Std.

7. Anhand des QCPs:

i. R(50 Std.) = 89,71%

ii. Oberes VN (Vertrauensniveau) = 93,89%, Unteres VN (Vertrauensniveau) = 82,93%

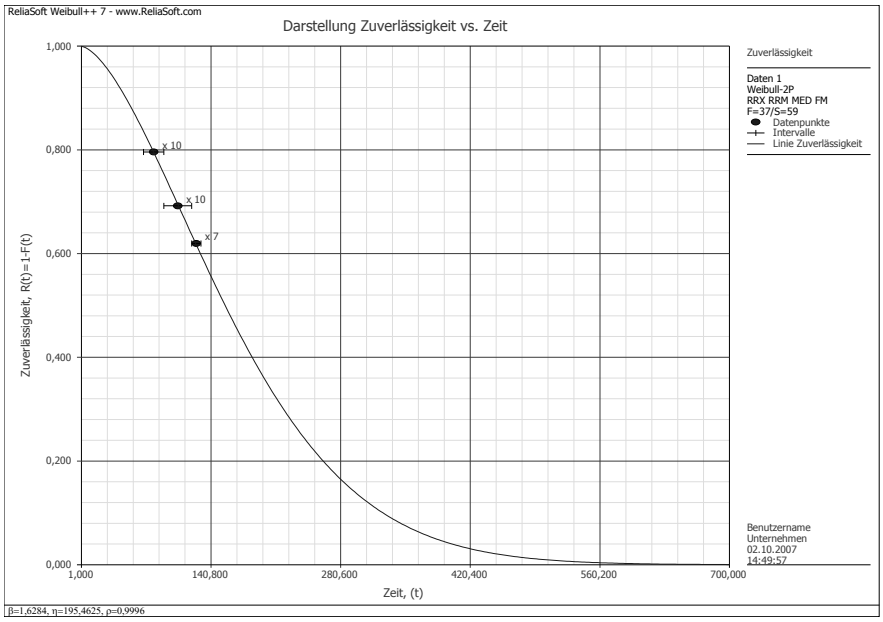
iii. Missionsdauer = 49,0802 Std.

iv. Erfordert eine Missionslänge von 34,9796 - 68,8648 Std.

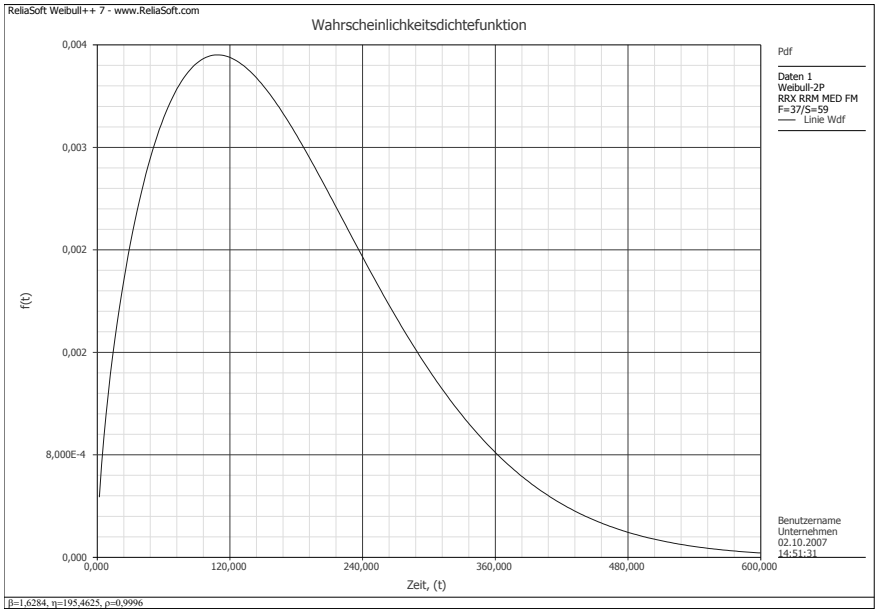
v. Für β : 1,2654; 2,0956

Für η : 170,2367; 224,4263

8. Darstellung Zuverlässigkeit vs. Zeit:



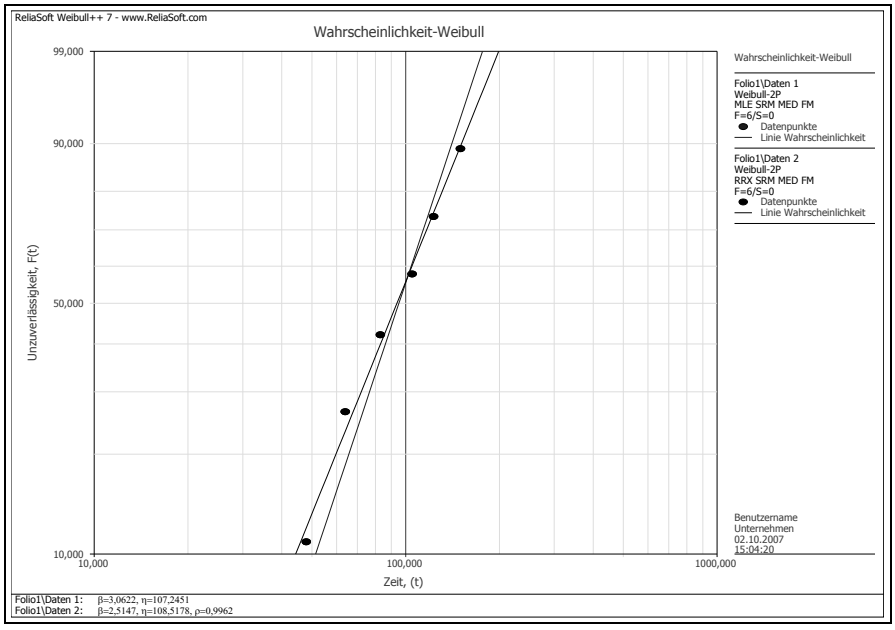
9. Darstellung *WDF*:



10. Ausfallrate bei 100 Std. = 0,0055

6.3 Praxisfrage 3

2. Für MLE: $\beta = 3{,}0622$; $\eta = 107{,}2451$
3. Für RRX: $\beta = 2{,}5147$; $\eta = 108{,}5178$
6. MultiPlot für MLE und RRX:



6.4 Praxisfrage 4

2. Hersteller A: $\beta = 2{,}7017$; $\eta = 2107{,}2287$

   Hersteller B: $\beta = 1{,}0796$; $\eta = 5322{,}1346$

7. Hersteller B ist mit einer 73%igen Wahrscheinlichkeit besser

6.5 Praxisfrage 5

2. $\beta = 3{,}0622$; $\eta = 107{,}2451$

8. Zuverlässigkeit für Zeit-Inkremente von 10 bis 100 mit einem 2-seitigen Vertrauensniveau bei 90%:

Zeit	Unteres VN	Zuverlässigkeit	Oberes VN
10	0,9557	0,9993	1,0000
15	0,9217	0,9976	0,9999
20	0,8834	0,9942	0,9997
25	0,8419	0,9885	0,9992
30	0,7982	0,9800	0,9982
35	0,7529	0,9681	0,9963
40	0,7065	0,9524	0,9932
45	0,6596	0,9324	0,9883
50	0,6125	0,9079	0,9811
55	0,5654	0,8786	0,9711
60	0,5187	0,8446	0,9575
65	0,4725	0,8059	0,9398
70	0,4271	0,7628	0,9174
75	0,3825	0,7157	0,8901
80	0,3390	0,6653	0,8576
85	0,2968	0,6122	0,8202
90	0,2559	0,5573	0,7782
95	0,2169	0,5016	0,7325
100	0,1799	0,4461	0,6840

6.6 Praxisfrage 6

5. Die Parameter sind nicht identisch, weil der Datensatz via Simulation generiert wurde.

7. Die zwei Datensätze sind nicht gleich, weil diese via Simulation generiert wurden.

6.7 Praxisfrage 7

1. 10 Einheiten

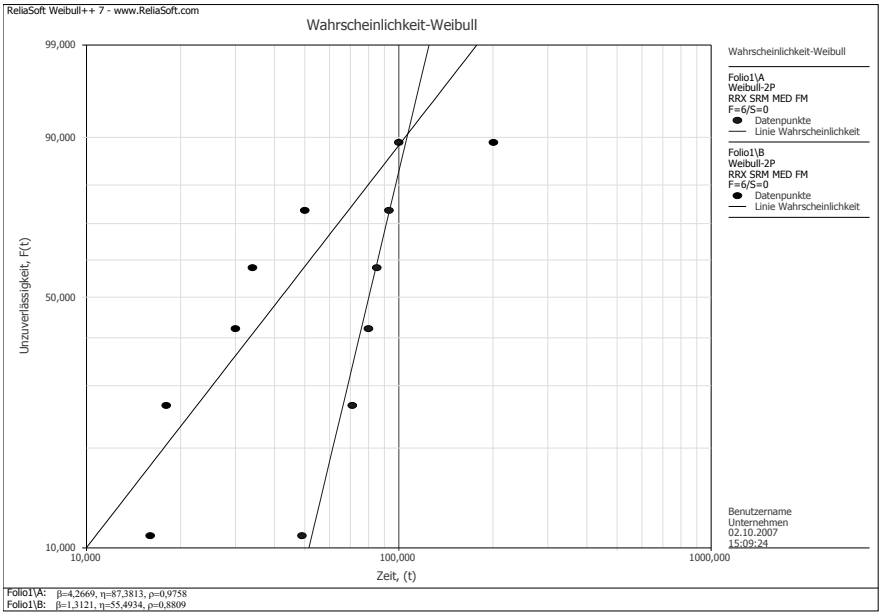
2. 17 Einheiten

6.8 Praxisfrage 8

2. Produkt A: $\beta = 4{,}2669$; $\eta = 87{,}3813$

   Produkt B: $\beta = 1{,}3121$; $\eta = 55{,}4934$

4. Wahrscheinlichkeitsnetz für beide Datensätze:



6.9 Praxisfrage 9

1. 86 Einheiten
2. 126 Std.